Интернет-журнал «Науковедение» ISSN 2223-5167 http://naukovedenie.ru/
Том 7, №5 (2015) http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-5
URL статьи: http://naukovedenie.ru/PDF/169TVN515.pdf
DOI: 10.15862/169TVN515 (http://dx.doi.org/10.15862/169TVN515)

УДК 004.415.2

Семахин Андрей Михайлович
ФГБОУ ВПО «Курганский государственный университет»
Россия, Курган[1]
Доцент кафедры «Программное обеспечение автоматизированных систем»
Кандидат технических наук
E-mail: Semakhinandrew@yandex.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=818081

Метод обыкновенное Жорданово исключение в моделировании информационных систем

[1] 640000, Россия, г. Курган, ул. К. Маркса, д. 105, кв. 37

Аннотация. Разработан метод проектирования информационных систем. Метод основан на математической модели информационной системы, включающей два шага. На первом шаге выбираются проекты информационных систем методом экспертных комиссий. Группы экспертов оценивают проекты в баллах. Рассчитывается средняя оценка проекта. Оценки проектов информационных систем первого шага сортируются по возрастанию. Выбираются проекты с максимальной бальной оценкой. Формируется портфель инвестиционных проектов. На втором шаге определяется оптимальный вариант проекта информационной системы методом математического программирования из множества альтернативных проектов, выбранных на первом шаге. Приведен алгоритм метода обыкновенное Жорданово исключение. Оптимальный вариант проекта информационной системы определен на примере главного управления социальной защиты населения Курганской области. Произведен анализ математической модели на устойчивость коэффициентов целевой функции и значений правых частей ограничений. Разработана программа в интегрированной среде Microsoft Visual Studio 2010 Professional на языке Visual C++ определения оптимального решения математической модели информационной системы методом обыкновенное Жорданово исключение. Применение разработанного метода позволяет сократить финансовые затраты и сроки проектирования информационных систем и повысить обоснованность принимаемых решений на этапе проектирования.

Ключевые слова: информационная система; математическое программирование; математическая модель; метод экспертных комиссий; метод обыкновенное Жорданово исключение; алгоритм; блок-схема; оптимальный план; анализ математической модели; программа.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Семахин А.М. Метод обыкновенное Жорданово исключение в моделировании информационных систем // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015) http://naukovedenie.ru/PDF/169TVN515.pdf (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/169TVN515

Введение

Развитие информационных технологий является приоритетным направлением. В информационном обществе акцент значимости смещается на информационный ресурс [1]. В России необходимо решать проблемы внедрения информационных технологий. Достижение высоких экономических и социальных результатов зависит от использования информационных технологий. Ключевая роль в современной инфраструктуре информатизации принадлежит системам коммуникаций и вычислительным сетям, в которых сосредоточены новейшие средства вычислительной техники, информатики, связи, прогрессивные информационные технологии [1].

Повышение эффективности проектирования информационных систем является актуальной задачей. Для решения поставленной задачи используются методы теории исследования операций. Методы оптимизации позволяют выбрать наилучший вариант из множества альтернативных. Для моделирования информационных систем используется метод обыкновенное Жорданово исключение.

Постановка задачи

Задача формулируется следующим образом: из числа фирм, предоставляющих услуги спутникового Internet на территории Российской Федерации, требуется выбрать провайдера спутникового Internet с максимальной величиной чистого приведенного эффекта и удовлетворяющей финансовым ограничениям [2].

Разработка математической модели

Математическая модель включает два шага:

1. Интуитивным методом прогнозирования выбираются предварительные проекты информационной системы.
2. Методом математического программирования выбирается оптимальный проект информационной системы.

Пусть l – индекс проекта информационной системы, $l=\overline{1,p}$; p – количество проектов информационных систем; g – индекс специалиста, оценивающего проекты информационных систем, $g=\overline{1,f}$; f – количество специалистов в группе; r – индекс группы специалистов, $r=\overline{1,b}$; b – количество групп специалистов; s – индекс фактора, $s=\overline{1,h}$; h – количество факторов; λ_s – весовой коэффициент s фактора; Y_{gs}^{lr} – числовое значение, выбранное g специалистом r группы для s фактора l информационной системы. Средняя величина в баллах l проекта информационной системы рассчитывается по формуле

$$\overline{Y}_l = \sum_{r=1}^{b} \left(\frac{1}{f} * \sum_{g=1}^{f} \sum_{s=1}^{h} \lambda_s * Y_{gs}^{lr}\right). \quad (1)$$

Выбираются проекты информационной системы, имеющие наибольшие средние величины $\overline{Y}_l$ в баллах [3, 4].

На втором шаге определяется оптимальный проект информационной системы. Формулируется задача линейного программирования выбора оптимального проекта.

Математическая модель выбора оптимального проекта информационной системы записывается в виде:

$$\overline{Y}_l = \sum_{r=1}^{b} \left(\frac{1}{f} * \sum_{g=1}^{f} \sum_{s=1}^{h} \lambda_s * Y_{gs}^{lr}\right)$$

$$\max \leftarrow Z = \sum_{l=1}^{p} V_l * X_l \text{ при ограничениях}$$

$$\begin{cases} \sum_{l=1}^{p} W_l^d * X_l \le U_d \\ X_l \ge 0, l = \overline{1,p}, d = \overline{0,e} \end{cases} \quad (2)$$

где V_l – чистый приведенный эффект l проекта информационной системы, млн. руб.;

W_l^d – финансовые затраты l проекта в d периоде времени, млн. руб.;

U_d – выделенные финансовые средства в d периоде времени, млн. руб.;

X_l –доля финансирования l проекта информационной системы;

$l = \overline{1,p}$ – индекс проекта информационной системы;

$d = \overline{0,e}$ – номер периода времени, год.

На примере главного управления социальной защиты населения по Курганской области определяется оптимальный проект информационной системы и проводится анализ оптимального решения математической модели.

Предварительные проекты информационной системы главного управления социальной защиты населения по Курганской области определяются методом экспертных комиссий. В группу предварительных проектов информационной системы включаем SatGate (180 баллов), Радуга Интернет (165 баллов), Star Blazer (149 баллов), Helious Net (142 балла) и Spectrumsat (128 баллов).

Объявляем искомые переменные и определяем оптимальное решение математической модели информационной системы.

Пусть X_1 – доля финансирования проекта SatGate, X_2 – доля финансирования проекта Радуга Интернет, X_3 – доля финансирования проекта Star Blazer, X_4 – доля финансирования проекта Helious Net, X_5 – доля финансирования проекта Spectrumsat.

Математическая модель выбора оптимального проекта запишется в виде

$$\max \leftarrow Z = 3.707849 * X_1 + 2.696054 * X_2 + 4.207110 * X_3 + 3.612570 * X_4 + 3.111988 * X_5 \text{ при ограничениях} \quad (3)$$

$$\begin{cases} 5.0*X_1+3.2*X_2+2.931*X_3+4.285125*X_4+3.456789*X_5 \le 6.5 \\ 2.984964*X_1+1.5*X_2+3.000547*X_3+3.651119*X_4+2.659870*X_5 \le 3{,}0 \\ 2.5*X_2+2.126497*X_3+1.234546*X_5 \le 3{,}0 \\ 0.833684*X_2+0.731199*X_5 \le 1{,}5 \\ X_1,X_2,X_3,X_4,X_5 \ge 0 \end{cases}$$

Решение математической модели

Оптимальный план математической модели определяется методом обыкновенное Жорданово исключение.

Алгоритм метода обыкновенное Жорданово исключение включает этапы:

Этап 1. Разрешающий элемент Жордановой таблицы заменяется обратной величиной.

Этап 2. Остальные элементы разрешающей строки делятся на разрешающий элемент и меняют знаки на противоположные.

Этап 3. Остальные элементы разрешающего столбца делятся на разрешающий элемент. Знаки не меняются.

Этап 4. Оставшиеся элементы новой Жордановой таблицы рассчитываются по правилу прямоугольника [5, 6, 7].

Блок-схема алгоритма метода обыкновенное Жорданово исключение приведена на рисунке.

Преобразуем симметричную форму записи математической модели к стандартной форме

$$\begin{gathered} Z-3.707849*X_1-2.696054*X_2-4.207110*X_3- \\ 3.612570*X_4-3.111988*X_5=0 \end{gathered} \quad \text{при ограничениях} \qquad (4)$$

$$\begin{cases} 5.0*X_1+3.2*X_2+2.931*X_3+4.285125*X_4+3.456789*X_5+S_1=6{,}5 \\ 2.984964*X_1+1.5*X_2+3.000547*X_3+3.651119*X_4+2.659870*X_5+S_2=3{,}0 \\ 2.5*X_2+2.126497*X_3+1.234546*X_5+S_3=3{,}0 \\ 0.833684*X_2+0.731199*X_5+S_4=1{,}5 \\ X_1,X_2,X_3,X_4,X_5,S_1,S_2,S_3,S_4 \ge 0,\ l=\overline{1{,}5},\ d=\overline{0{,}3} \end{cases}$$

Преобразуем стандартную форму записи математической модели в форму записи для представления в виде Жордановой таблицы.

$$\begin{gathered} Z-3.707849*X_1-2.696054*X_2-4.207110*X_3- \\ 3.612570*X_4-3.111988*X_5=0 \end{gathered} \quad \text{при ограничениях} \qquad (5)$$

$$\begin{cases} S_1=6.5-5.0*X_1-3.2*X_2-2.931*X_3-4.285125*X_4-3.456789*X_5 \\ S_2=3{,}0-2.984964*X_1-1.5*X_2-3.000547*X_3-3.651119*X_4-2.659870*X_5 \\ S_3=3{,}0-2.5*X_2-2.126497*X_3-1.234546*X_5 \\ S_4=1{,}5-0.833684*X_2-0.731199*X_5 \\ X_1,X_2,X_3,X_4,X_5,S_1,S_2,S_3,S_4 \ge 0,\ l=\overline{1{,}5},\ d=\overline{0{,}3} \end{cases}$$

Преобразуем математическую модель (5) в Жорданову таблицу (табл. 1).

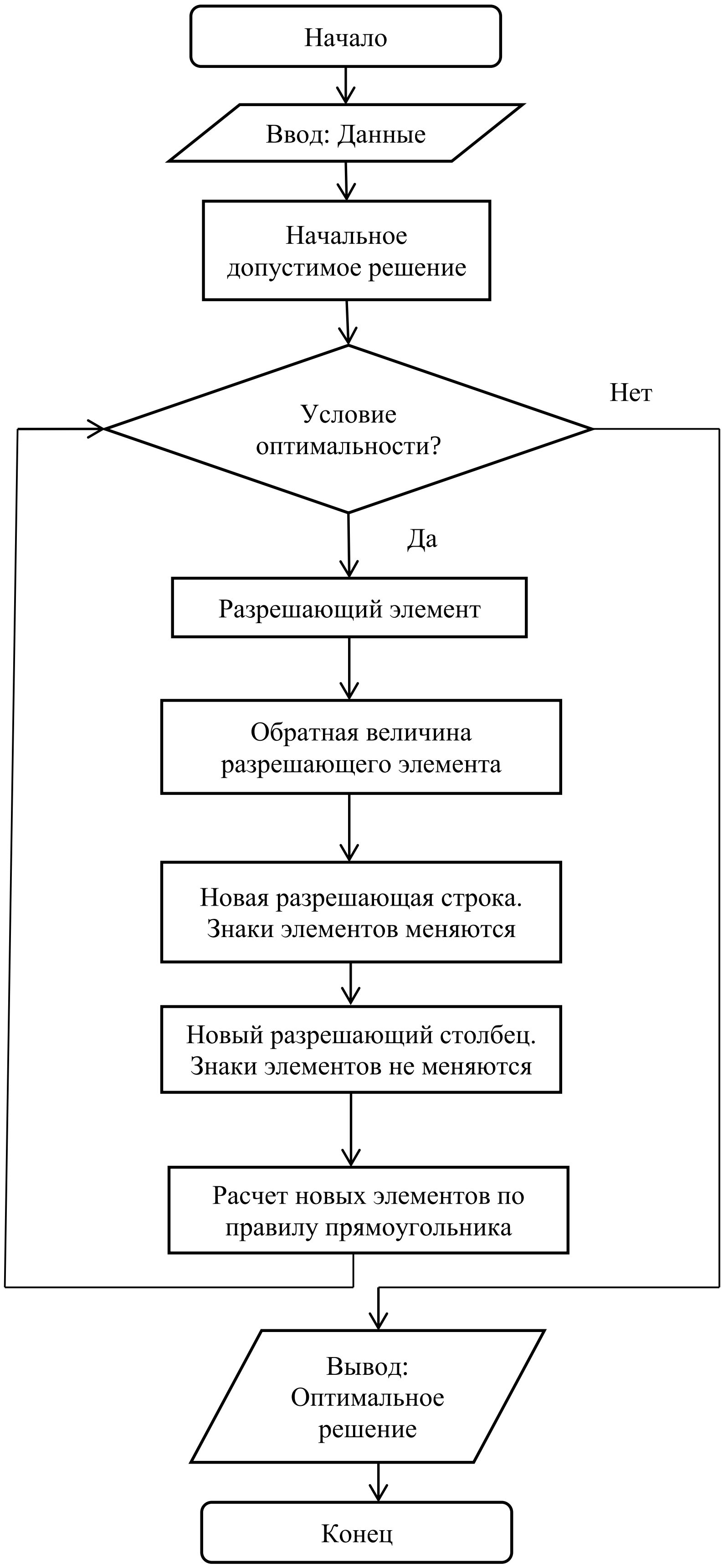

Рисунок. *Блок-схема алгоритма метода обыкновенное Жорданово исключение*

Таблица 1

Начальное допустимое базисное решение

Базисные переменные	1	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
S_1 =	6,500000	-5,000000	-3,200000	-2,931000	-4,285125	-3,456789
S_2 =	3,000000	-2,984964	-1,500000	-3,000547	-3,651119	-2,659870
S_3 =	3,000000	0,000000	-2,50000	-2,126497	0,00000	-1,234546
S_4 =	1,500000	0,00000	-0,833684	0,00000	0,00000	-0,731199
Z =	0,00000	-3,707849	-2,696054	-4,207110	-3,612570	-3,111988

Начальное допустимое базисное решение $X = \{0;\ 0;\ 0;\ 0;\ 0\}$ и $Z = 0$. Определяем разрешающий столбец по наибольшему абсолютному значению отрицательных элементов Z-строки: -4,207110. Включаемая переменная X_3. Исключаемая переменная S_2. Разрешающий элемент -3,000547. Обратная величина -0,333273. Выполняем шаг Жорданова исключения. Получаем новую Жорданову таблицу (табл. 2). Проверяем новый план на оптимальность. В Z-строке Жордановой таблицы имеется отрицательное значение -0,592882, следовательно, решение допустимое и его можно улучшить.

Выполняем вторую итерацию. Определяем разрешающий столбец Жордановой таблицы (табл.2): -0,592882. Включаемая переменная X_2. Исключаемая переменная S_3. Разрешающий элемент -1,436945. Обратная величина -0,695921.

Выполняем шаг Жорданова исключения. Получаем новую Жорданову таблицу (табл. 3). Проверяем новый план на оптимальность. В Z-строке Жордановой таблицы присутствует отрицательное значение -0,395422 при небазисной переменной X_1, следовательно, решение допустимое и его можно улучшить.

Выполняем третью итерацию. Определяем разрешающий столбец Жордановой таблицы (табл.3): -0,395422. Включаемая переменная X_1. Исключаемая переменная X_3. Разрешающий элемент -1,730766. Обратная величина -0,577779.

Таблица 2

Первая итерация

Базисные переменные	1	X_1	X_2	S_2	X_4	X_5
S_1 =	3,569534	-2,084222	-1,734767	0,121233	-3,842490	-1,643907
X_3 =	0,999818	-0,994807	-0,499909	-0,579828	-2,117022	-1,112773
S_3 =	0,873891	2,115453	-1,436945	0,493201	1,800736	0,452705
S_4 =	1,500000	0,000000	-0,833684	-0,411174	-1,501245	-1,108612
Z =	-4,206343	0,477412	-0,592882	1,109704	0,439091	0,349053

Выполняем шаг Жорданова исключения. Получаем новую Жорданову таблицу (табл. 4). Проверяем новый план на оптимальность. В Z-строке Жордановой таблицы отсутствуют отрицательные значения при небазисных переменных, следовательно, решение оптимальное и его улучшить невозможно. Оптимальный план $X^* = \{0{,}402015; 1{,}2; 0{,}0; 0{,}0; 0{,}0\}$.

Таблица 3

Вторая итерация

Базисные переменные	1	X_1	S_3	S_2	X_4	X_5
$S_1 =$	2,514521	-4,638125	1,207260	0,121233	-3,842490	-1,643907
$X_3 =$	0,695794	-1,730766	0,347897	-0,579828	-2,117022	-1,112773
$X_2 =$	0,608159	1,472188	-0,695921	0,493201	1,800736	4,452705
$S_4 =$	0,992988	-1,227339	0,580178	-0,411174	-1,501245	-1,108612
$Z =$	-4,566910	-0,395422	0,412599	1,109704	0,439091	0,349053

Максимальное значение чистого приведенного эффекта равно 4,725875 миллиона рублей. Оптимальный проект Радуга Интернет.

В таблице 5 приведены значения искомых дополнительных переменных оптимального решения и двойственные оценки.

Таблица 4

Третья итерация

Базисные переменные	1	X_1	S_3	S_2	X_4	X_5
$S_1 =$	0,649926	2,679810	0,274963	1,675062	1,830726	1,338113
$X_1 =$	0,402015	-0,577779	0,201007	-0,335012	1,223170	0,642937
$X_2 =$	1,200000	-0,850599	-0,400000	0,000000	0,000000	0,493818
$S_4 =$	0,499579	0,709131	0,333474	0,000000	0,000000	0,319511
$Z =$	-4,725875	0,228467	0,333116	1,242175	0,922760	0,603285

Таблица 5

Оптимальное решение

Переменная	Значение	Двойственная оценка
X_1	0,402015	0,000000
X_2	1,200000	0,000000
X_3	0,000000	0,228500
X_4	0,000000	0,922800
X_5	0,000000	0,603300
S_1	0,649926	0,000000
S_2	0,000000	1,242200
S_3	0,000000	0,333100
S_4	0,499579	0,000000

Разработана программа на языке Visual C++, формализующая метод обыкновенное Жорданово исключение. Расчеты проводились на ПЭВМ в интегрированной среде программирования Microsoft Visual Studio 2010 Professional.

Анализ математической модели

Анализ устойчивости оптимального решения к изменению коэффициентов целевой функции приведен в таблице 6. Если значение коэффициента целевой функции изменяется в пределах интервала устойчивости от нижней до верхней границы, то изменяется значение целевой функции. В случае выхода за границу интервала устойчивости меняется величина целевой функции и значения искомых переменных [8, 9, 10].

Если переменная X_l принимает нулевое значение, то в случае изменения коэффициента переменной внутри интервала устойчивости в решении задачи ничего не изменится. Если величина коэффициента выйдет за верхнюю границу интервала устойчивости, то данный проект необходимо начать финансировать, сокращая финансирование остальных проектов. Например, инвестиционные проекты Star Blazer, Helious Net и Spectrumsat в оптимальном решении имеют нулевые значения искомых переменных (нет финансирования). Нижняя граница интервала устойчивости коэффициентов целевой функции нулевых переменных X_l равна $-\infty$.

Таблица 6

Анализ устойчивости коэффициентов целевой функции

Коэффициент K_l переменной X_l целевой функции	Минимальное значение K_l	Исходное значение	Максимальное значение K_l
K_1	3,312400	3,707849	5,365100
K_2	2,427400	2,696054	$+\infty$
K_3	$-\infty$	4,207110	4,435600
K_4	$-\infty$	3,612570	4,535300
K_5	$-\infty$	3,111988	3,715300

Если коэффициент переменной X_4 проекта Helious Net превысит значение 4,535300, то проект начнет финансироваться. Аналогично для проектов Star Blazer и Spectrumsat.

Анализ устойчивости оптимального решения к изменению правых частей ограничений приведен в таблице 7.

Таблица 7

Анализ устойчивости значений правой части ограничений

Период времени f	Значения правых частей ограничений B_d	Минимальное значение B_d	Исходное значение	Максимальное значение B_d
0	B_0	5,850100	6,500000	$+\infty$
1	B_1	1,800000	3,000000	3,388000
2	B_2	0,000000	3,000000	4,498100
3	B_3	1,000400	1,500000	$+\infty$

В оптимальном плане средства финансирования недоиспользованы в периодах времени $f=0$ и $f=3$, т.к. верхняя граница интервала устойчивости $+\infty$. Если имеющиеся средства финансирования в избытке, то изменение в интервале устойчивости не меняет перечня финансируемых проектов, долей финансирования и величины чистого приведенного эффекта. При выходе за нижнюю границу интервала устойчивости меняются перечень финансируемых проектов, доли финансирования и величина чистого приведенного эффекта. Например, средства финансирования проектов в периоде времени $f = 0$ будут меньше 5,850100 миллионов рублей, поэтому изменится перечень финансируемых проектов, доли финансирования и величина чистого приведенного эффекта. Если средства финансирования израсходованы полностью, то его изменение в интервале устойчивости не меняет перечня финансируемых проектов, доли финансирования и величины чистого приведенного эффекта. При выходе за границу интервала устойчивости меняется перечень финансируемых проектов, доли финансирования и чистый приведенный эффект. Например, если средства финансирования в периоде времени $f = 1$ будут изменяться от 1,8000 миллионов рублей до 3,3880 миллионов рублей, то финансирование проектов не изменится (Sat Gate и Радуга Интернет со значениями $X_1 = 0.402015$ и $X_2 = 1.2$), но изменятся доли финансирования и величина чистого приведенного эффекта. Если средства финансирования выходят за границы интервала, то изменится перечень финансируемых проектов, доли финансирования и величина чистого приведенного эффекта [10].

Результаты исследования

Результаты проведенных исследований позволили сделать следующие выводы.

1. Разработана математическая модель выбора оптимального проекта информационной системы.
2. Определение оптимального плана производится методом обыкновенное Жорданово исключение.
3. Выполнен анализ математической модели информационной системы на устойчивость коэффициентов целевой функции и значений правых частей ограничений.
4. Разработана программа на языке Visual C++, формализующая метод обыкновенное Жорданово исключение.
5. Разработанный метод позволяет сократить финансовые затраты и сроки проектирования информационных систем и повысить обоснованность принимаемых решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пятибратов А.П., Гудыно Л.П., Звездин А.А. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. М.: Финансы и статистика, 2002. 512 с.
2. Семахин А.М. Разработка и анализ математической модели информационной системы. // Современное состояние естественных и технических наук. IV Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 17 октября 2011 г.: материалы докл. - М., 2011. С. 97-103.
3. Воронин И.А., Крупко А.М., Щукин П.О., Галактионов О.Н., Суханов Ю.В., Васильев А.С. Моделирование технико-экономических показателей при дезинтеграции горных пород в щековых дробилках // Инженерный вестник Дона. 2015. №2, ч2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2yp2y2015/3054.
4. Крупко А.М., Крупко Н.С. Математическая модель оптимизации на транспортировку и хранение биомассы древесины // Инженерный вестник Дона. 2015. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2015/2936.
5. Таха Хемди А. Введение в исследование операций. 7-е изд. М.: Издательский дом "Вильямс", 2005. 912 с.
6. Юдин Д.Б., Гольштейн Е.Г. Линейное программирование. Теория и конечные методы. М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1963. 776 с.
7. Bazaraa V., Jarvis J., Sherali M. Linear programming and network flows. 4-е изд. New York: Wiley, 2010. 748 с.
8. Nering E., Tucker A. Linear programming and related problems. 1-е изд. Boston: Academic Press, 1992. 584 с.
9. Эддоус М., Стэнсфилд Р. Методы принятия решений. М.: ЮНИТИ, 1997. 590 с.
10. Кочкина Е.М. Методы исследования и моделирования национальной экономики: Учеб. пособие / Радковская Е.В. - Екатеринбург, 2001.

Рецензент: Пирогов Владислав Юрьевич, заведующий кафедрой «Прикладной информатики и экономики», профессор, к.ф-м.н, ФГБОУ ВПО «Шадринский государственный педагогический институт».

Semakhin Andrey Mikhailovich
Federal state budget professional higher educational institution Kurgan State University
Russia, Kurgan
E-mail: Semakhinandrew@yandex.ru

The method of ordinary Jordan elimination in modelling information systems

Abstract. The method of designing of information systems is developed. The method is based on the developed mathematical model of the information system. The method includes two stages. The projects of information systems are selected by a method of expert estimations at the first stage. The groups of experts estimate projects of the information system in points. The average estimation of the project is calculated. Estimations of the projects of information systems are sorted on increase. Projects with the maximal estimation are selected. The portfolio of investment projects is formed. At the second stage the optimum variant of the project of information system is defined by a method of mathematical programming from set of the alternative projects chosen at the first stage. The algorithm of a method ordinary Jordan elimination is adduced. The optimum variant of the project of information system is defined on an example of Central administrative board of social protection of the population of Kurgan region. The analysis of mathematical model is executed on stability of factors of criterion function and values of the right parts of restrictions. The Visual C ++ program is developed in Microsoft Visual Studio 2010 Professional integrated development environment . The program calculates the optimum decision of mathematical model of information system by a method of ordinary Jordan elimination. The method allows to reduce expenses and terms of designing of information systems and to raise validity of accepted decisions at a design stage.

Keywords: information system; mathematical programming; mathematical model; method of expert estimations; method of ordinary Jordan elimination; algorithm; the flowchart; the optimum plan; the analysis of mathematical model; the program.

REFERENCES

1. Pyatibratov A.P., Gudyno L.P., Zvezdin A.A. Vychislitel'nye sistemy, seti i telekommunikatsii. M.: Finansy i statistika, 2002. 512 s.
2. Semakhin A.M. Razrabotka i analiz matematicheskoy modeli informatsionnoy sistemy. // Sovremennoe sostoyanie estestvennykh i tekhnicheskikh nauk. IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Moskva, 17 oktyabrya 2011 g.: materialy dokl. - M., 2011. S. 97-103.
3. Voronin I.A., Krupko A.M., Shchukin P.O., Galaktionov O.N., Sukhanov Yu.V., Vasil'ev A.S. Modelirovanie tekhniko-ekonomicheskikh pokazateley pri dezintegratsii gornykh porod v shchekovykh drobilkakh // Inzhenernyy vestnik Dona. 2015. №2, ch2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2yp2y2015/3054.
4. Krupko A.M., Krupko N.S. Matematicheskaya model' optimizatsii na transportirovku i khranenie biomassy drevesiny // Inzhenernyy vestnik Dona. 2015. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2015/2936.
5. Takha Khemdi A. Vvedenie v issledovanie operatsiy. 7-e izd. M.: Izdatel'skiy dom "Vil'yams", 2005. 912 s.
6. Yudin D.B., Gol'shteyn E.G. Lineynoe programmirovanie. Teoriya i konechnye metody. M.: Gosudarstvennoe izdatel'stvo fiziko-matematicheskoy literatury, 1963. 776 s.
7. Bazaraa V., Jarvis J., Sherali M. Linear programming and network flows. 4-e izd. New York: Wiley, 2010. 748 s.
8. Nering E., Tucker A. Linear programming and related problems. 1-e izd. Boston: Academic Press, 1992. 584 s.
9. Eddous M., Stensfild R. Metody prinyatiya resheniy. M.: YuNITI, 1997. 590 s.
10. Kochkina E.M. Metody issledovaniya i modelirovaniya natsional'noy ekonomiki: Ucheb. posobie / Radkovskaya E.V. - Ekaterinburg, 2001.