

щей из вестибулярной и зрительной систем. Поддержание равновесия будет обусловлено влиянием вестибулоспинального рефлекса на активность антигравитационных мышц, за счет которых регулируются позные колебания. Восстановительная терапия, направленная на коррекцию нарушений ФР у пациентов с РС является сложной задачей. Таким образом, изучение взаимодействия проприоцептивной, зрительной, вестибулярной, опорно-двигательной систем с целью оценки влияния на ФР, будет способствовать разработке новых подходов к лечению и реабилитации.

1. Исследование процессов взаимодействия афферентного и эфферентного системного синтеза в постуральной активности человека / Е. Н. Винарская [и др.] // Информатика и системы управления. – 2010. – № 2 (24). – С.47–49.

2. Кадыков, А. С. Реабилитация неврологических больных / А. С. Кадыков, Л. А. Черникова, Н. В. Шахпаронова. – М.: МЕДпресс-информ, 2008. – 560 с.

3. Климов, Ю. А. Немедикаментозные методы медицинской реабилитации двигательных нарушений у больных рассеянным склерозом: дис. ... канд. мед. наук. ГБОУ ВПО Российский национальный исследовательский медицинский ун-т им. Н. И. Пирогова / Ю. А. Климов. – М., 2013.

4. Кубряк, О. В. Системные механизмы регуляции стабильности и управляемости вертикальной позы человека: дис. ... д-ра биол. наук / О. В. Кубряк; ФГБНУ НИИ им. П. К. Анохина. – М., 2017.

5. Скворцов, Д. В. Стабилометрия функциональная диагностика функции равновесия, опорно-двигательной системы и сенсорных систем. Функциональная диагностика / Д. В. Скворцов. – 2004. – № 3. – С. 78–84.

УДК 519.852:613.2

Новицкий О.А.,

Сотская Ж.В.

Белорусский государственный университет физической культуры
Республика Беларусь, Минск

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О ДИЕТЕ В MATHCAD

Novitsky O.A.,

Sotskaya Zh.V.

Belarusian State University of Physical Culture
Republic of Belarus, Minsk

MATHCAD DIET PROBLEM SOLVING

ABSTRACT. The rapid development of computer technology has greatly expanded the range of its users, independently of the playoffs fairly complex mathematical tasks, in particular linear programming tasks. This article describes the methodology of problem solving in MathCad on compiling an optimal diet. It has been shown that it can handle a person with no deep mathematical education.

KEYWORDS: linear programming; diet problem; MathCad; optimization; computer technology.

АННОТАЦИЯ. Стремительное развитие компьютерных технологий значительно расширило круг пользователей, самостоятельно решающих достаточно сложные математические задачи, в частности задачи линейного программирования. в данной статье описана методика решения задачи в среде MathCad по составлению оптимальной диеты. показано, что с этим может справиться человек, не имеющий глубокого математического образования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: линейное программирование; задача о диете; MathCad; оптимизация; компьютерные технологии.

В последнее время среди людей всех возрастов, заботящихся о своей фигуре и здоровье, стало популярно нормирование потребления жиров, белков и углеводов. Кроме того, многие придерживаются подобранных самостоятельно или с помощью специалистов норм калорийности пищи. Одно из главных достоинств данного способа питания – длительное сохранение результата. Также он позволяет улучшить параметры фигуры щадящим организм и психику способом, поскольку учитывает режим бодрствования человека («сова» или «жаворонок»), территорию проживания (у разных народностей привычки в питании обычно различны), любимые продукты (что упрощает процесс приведения тела в форму даже для сладкоежек) и не требует категоричного отказа от какой бы то ни было еды. Здесь главное – это количество пищи. Таким способом зачастую питаются спортсмены всех категорий. В математике, а конкретно в линейном программировании, существует метод, позволяющий точно рассчитать необходимое потребление смеси продуктов, опираясь на их калорийность и пищевую ценность. Данные задачи получили название: «задачи о диете» [1]. Задачи линейного программирования можно решать многими способами: вручную, с помощью стандартных программных средств (табличный процессор MS Excel) либо с помощью специального программного обеспечения. Однако изучение данного класса задач без использования современных программ требует довольно глубоких знаний в данной области и отнимает много времени. Таким образом, решать данные задачи «в ручном режиме» за строго определенный интервал времени могут лишь специалисты в области прикладной математики. Тем не менее, количество областей применения линейного программирования постоянно увеличивается. Методы математического программирования применяются как при изучении отдельных проблем математики, так и в прикладных областях: экономики, логистики, программировании. Существуют различные математические пакеты (MathCad, Matlab, Mathematica, Maple), имеющие в своем распоряжении необходимый инструментарий для построения математических моделей и решения задач линейного программирования. Среди них выделяется пакет MathCad, обладающий дружественным интерфейсом, позволяющий за короткое время освоить основные приемы работы и приступить к решению довольно сложных прикладных задач [2], к которым относится вышеупомянутая «задача о диете».

Рассмотрим конкретный пример.

Пусть имеются 8 видов продуктов, содержащих 9 питательных веществ и незаменимых компонент. В 100 г продукта содержится известное a_{ij} количество питатель-

ного вещества или незаменимого компонента. Кроме того, известны: b_i – ежесуточная минимальная потребность организма в веществах S_i ($i=1, \dots, 9$), c_j и e_j – стоимость и энергетическая ценность (в килокалориях) 100 г продукта P_j ($j=1, \dots, 8$). Все указанные величины представлены в таблице.

Таблица – Данные к задаче о диете

| Питательные вещества | Мин. суточная потребность, г | Содержание питательных веществ в 100 г продукта | | | | | | | |
|---|------------------------------|---|---------|---------------|-----------------|-------------|-----------------|---------|---------|
| | | Хлеб ржаной | Масло | Творог жирный | Крупа гречневая | Мясо свиное | Колбаса вареная | Яблоки | Морковь |
| Белки | 90 | 4,7 | 0,5 | 14 | 12,6 | 14,3 | 13,7 | 0,4 | 1,3 |
| Жиры | 95 | 0,7 | 82,5 | 18 | 1,9 | 33,3 | 22,8 | 0 | 0,1 |
| Углеводы | 330 | 42,8 | 0,8 | 1,3 | 62,1 | 0 | 0 | 11,3 | 7,2 |
| Витамин А (ретинол + каротин) | 0,0015 | 0,00001 | 0,00054 | 0,0001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Витамин В ₁ | 0,0013 | 0,00018 | 0,0 | 0,00006 | 0,00053 | 0,00052 | 0,00022 | 0,00001 | 0,00006 |
| Витамин В ₂ | 0,002 | 0,00008 | 0,00002 | 0,00005 | 0,0004 | 0,00014 | 0,00015 | 0,00003 | 0,00011 |
| Витамин РР | 0,018 | 0,002 | 0,00005 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0004 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0011 |
| Витамин С | 0,08 | 0,0 | 0,0 | 0,0005 | 0,0 | 0,0002 | 0 | 0,001 | 0,005 |
| Витамин Е | 0,01 | 0,002 | 0,02 | 0,0003 | 0,0008 | 0,0004 | 0,0004 | 0,000 | 0,0004 |
| Стоимость 100 г продукта (руб.) | | 0,2 | 1,8 | 0,75 | 0,1 | 1 | 0,8 | 0,23 | 0,1 |
| Энергетическая ценность 100 г продукта (Ккал) | | 214 | 748 | 233 | 329 | 491 | 260 | 46 | 33 |

Требуется рассчитать суточную диету так, чтобы обеспечить необходимое количество питательных веществ и незаменимых компонент при минимальных затратах на продукты. Найти калорийность K полученной оптимальной диеты.

Для решения сформулированной задачи составим ее математическую модель.

1. Введем обозначения: X_j – неизвестное пока количество (в граммах) продукта P_j ($j=1, \dots, 8$), входящего в диету.

2. Составим целевую функцию – стоимость диеты:

$$Z(x) = \frac{1}{100} \sum_{j=1}^8 c_j x_j = \frac{1}{100} (0,2x_1 + 1,8x_2 + 0,75x_3 + 0,1x_4 + x_5 + 0,8x_6 + 0,23x_7 + 0,1x_8) \quad (1)$$

Ограничения рассматриваемой задачи по минимальным потребностям организма можно записать в виде:

$$\frac{1}{100} (4,7x_1 + 0,5x_2 + 14x_3 + 12,6x_4 + 14,3x_5 + 13,7x_6 + 0,4x_7 + 1,3x_8) \geq 90$$

$$\frac{1}{100} (0,7x_1 + 82,5x_2 + 18x_3 + 1,9x_4 + 33,3x_5 + 22,8x_6 + 0,0x_7 + 0,1x_8) \geq 95$$

$$\frac{1}{100} (42,8x_1 + 0,8x_2 + 1,3x_3 + 62,1x_4 + 0,0x_5 + 0,0x_6 + 11,3x_7 + 7,2x_8) \geq 330$$

$$\frac{1}{100} (0,00001x_1 + 0,00054x_2 + 0,0001x_3 + 0,0x_4 + 0,0x_5 + 0,0x_6 + 0,0x_7 + 0,0x_8) \geq 0,0015$$

$$\frac{1}{100} (0,00018x_1 + 0,0x_2 + 0,00006x_3 + 0,00053x_4 + 0,00052x_5 + 0,00022x_6 + 0,00001x_7 + 0,00006x_8) \geq 0,0013$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{100} (0,00008x_1 + 0,00002x_2 + 0,00005x_3 + 0,00046x_4 + 0,00014x_5 + 0,00015x_6 + 0,00003x_7 + 0,00011x_8) &\geq 0,002 \\ \frac{1}{100} (0,002x_1 + 0,00005x_2 + 0,0003x_3 + 0,0002x_4 + 0,0004x_5 + 0,0004x_6 + 0,0003x_7 + 0,0011x_8) &\geq 0,018 \\ \frac{1}{100} (0,00x_1 + 0,00x_2 + 0,0005x_3 + 0,00x_4 + 0,0002x_5 + 0,00x_6 + 0,001x_7 + 0,005x_8) &\geq 0,08 \\ \frac{1}{100} (0,002x_1 + 0,02x_2 + 0,0003x_3 + 0,0008x_4 + 0,0004x_5 + 0,0004x_6 + 0,0002x_7 + 0,0004x_8) &\geq 0,01 \quad (2) \end{aligned}$$

В левой части каждого неравенства записано фактическое суточное потребление питательных веществ и незаменимых компонент.

Также добавим условие неотрицательности:

$$X_j \geq 0. \quad (3)$$

После нахождения оптимального решения калорийность полученной диеты рассчитываем по формуле:

$$K = \frac{1}{100} \sum_{j=1}^8 e_j x_j^{\text{опт}} = \frac{1}{100} (214x_1^{\text{опт}} + 748x_2^{\text{опт}} + 239x_3^{\text{опт}} + 329x_4^{\text{опт}} + 491x_5^{\text{опт}} + 170x_6^{\text{опт}} + 45x_7^{\text{опт}} + 33x_8^{\text{опт}}) \quad (4)$$

Листинг программы в среде MathCad имеет следующий вид:

| Максимальная суточная потребность, г | Стоимость 100 г продукта (руб.) | Энергетическая ценность 100 г продукта (Ккал) |
|--|---|---|
| $V := \begin{pmatrix} 90 \\ 95 \\ 330 \\ 0.0015 \\ 0.0013 \\ 0.002 \\ 0.018 \\ 0.08 \\ 0.01 \end{pmatrix}$ | $C := \begin{pmatrix} 0.2 \\ 1.8 \\ 0.75 \\ 0.1 \\ 1 \\ 0.8 \\ 0.23 \\ 0.1 \end{pmatrix}$ | $E := \begin{pmatrix} 214 \\ 748 \\ 239 \\ 329 \\ 491 \\ 170 \\ 45 \\ 33 \end{pmatrix}$ |

Содержание питательных веществ в 100 г продукта

| | | |
|---|--|--|
| $A := \begin{pmatrix} 4.7 & 0.5 & 14 & 12.6 & 14.3 & 13.7 & 0.4 & 1.3 \\ 0.7 & 82.5 & 18 & 1.9 & 33.3 & 22.8 & 0 & 0.1 \\ 42.8 & 0.8 & 1.3 & 62.1 & 0 & 0 & 11.3 & 7.2 \\ 0.00001 & 0.00054 & 0.0001 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.00018 & 0 & 0.00006 & 0.00053 & 0.00052 & 0.00022 & 0.00001 & 0.00006 \\ 0.00008 & 0.00002 & 0.00005 & 0.0004 & 0.00014 & 0.00015 & 0.00003 & 0.00011 \\ 0.002 & 0.00005 & 0.0003 & 0.0002 & 0.0004 & 0.0004 & 0.0003 & 0.0011 \\ 0.00 & 0.0 & 0.0005 & 0.0 & 0.0002 & 0 & 0.001 & 0.005 \\ 0.002 & 0.02 & 0.0003 & 0.0008 & 0.0004 & 0.0004 & 0.0002 & 0.0004 \end{pmatrix}$ | | |
|---|--|--|

Блок решения
Служебное слово:

Given

Начальное значение: Целевая функция – стоимость диеты:

$$X := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad F(X) := \frac{1}{100} \cdot C \cdot X$$

Ограничения рассматриваемой задачи:

Минимальная потребность организма: $\frac{1}{100} \cdot A \cdot X \geq B$
Условие неотрицательности: $X \geq 0$

Оптимальное решение задачи: $X = \text{Minimize}(F, X)$

$$X = \begin{pmatrix} 0 \\ 277.778 \\ 0 \\ 538.183 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1.6 \times 10^3 \end{pmatrix} \quad \text{Минимальная стоимость } F(X) = 7,138 \text{ руб.}$$

Энергетическая ценность диеты $K = X \cdot E / 100 = 4376$ Ккал

227,778 г сливочного масла, 538,183 г гречневой крупы и 1,6 кг моркови удовлетворяют условию задачи.

Представленная в статье задача носит демонстрационный характер. С учетом возможностей MathCad при необходимости можно изменять, расширять входные данные без особых усилий, при этом документ будет автоматически рассчитан заново. Эту же задачу можно решить средствами MS Excel, однако процесс решения будет значительно сложнее и займет больше времени.

1. Таха, Х. А. Введение в исследование операций: пер. с англ. / Х. А. Таха. – 7-е изд. – М.: Вильямс, 2005. – 912 с.: ил.

2. Имомов, А. И. Организация решения задач исследования операций в MATHCAD [Электронный ресурс] / А. И. Имомов, Б. С. Эргашев // Молодой ученый. – 2015. – № 8. – С. 5–10. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/88/17276/>.