ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

ЗАДАЧА О КРЕСТАХ И ЕЁ СВЯЗЬ С ТЕОРИЕЙ БУЛЕВЫХ МАТРИЦ

Решетников А. В.
к.ф.-м.н., ассистент кафедры «Высшей математики – 1»
национального исследовательского университета
«Московский институт электронной техники», Москва
Манилов Д. Ю.
студент национального исследовательского университета
«Московский институт электронной техники», Москва

АННОТАЦИЯ

В данной работе изучается линейное пространство булевых матриц, имеющих чётное (фиксированное) количество строк и чётное (фиксированное) количество столбцов. Доказано, что матрицы, у которых все элементы некоторой строки и все элементы некоторого столбца равны 1, а остальные элементы равны 0, образуют базис в рассматриваемом пространстве. Приведены формулы разложения матриц по элементам такого базиса.

ABSTRACT

In this paper the linear space of Boolean matrices with even (fixed) number of rows and even (fixed) number of columns is studied. It is proved that the matrices, which have a line and a column whose elements are all ones, and all of its other elements are zeroes, form a basis in this space. The decomposition formulas for matrices with respect to such a basis are given.

Ключевые слова: линейное пространство булевых матриц, двойственность, дизъюнктное произведение.

Keywords: linear space of Boolean matrices, duality, disjunctive multiplication.

Неформальное введение

История науки показывает, что все глубокие теоретические результаты рано или поздно находят применение на практике, и наоборот: важнейшим стимулом для теоретических исследований является необходимость обобщения результатов, полученных при решении практических задач. Так, например, на развитие современной алгебры и теории чисел большое влияние оказывают криптографические и телекоммуникационные технологии; в свою очередь в связи с развитием упомянутых технологий оказалось, что многие результаты, долгое время казавшиеся сугубо теоретическими – например, Великая теорема Ферма – могут иметь практические приложения [1].

В своей статье мы хотим показать, что даже, казалось бы, детская задача из компьютерной игры, если при её решении руководствоваться строгими математическими методами и серьёзно анализировать промежуточные результаты, может выявить интересные свойства важных математических объектов и привести таким образом к научным положениям, имеющим определённое теоретическое значение.

Задача, о которой далее пойдёт речь, была встречена авторами в компьютерной игре «Братья Пилоты. По следам полосатого слона». Там она органично встроена в сюжет, и её решение является обязательным для прохождения игры. Требуется открыть замок (см. рисунок 1), управляемый матрицей переключателей размера 4×4. Каждый из переключателей может занимать либо горизонтальное, либо вертикальное положение. Положение любого переключателя – расположенного, скажем, в i -ой строке, j -ом столбце матрицы – можно изменить на противоположное, но при этом изменятся положения всех переключателей, расположенных в той же i -ой строке, и всех переключателей, расположенных в том же j -ом столбце (остальные переключатели сохранят своё положение неизменным). Замок окажется открытым, как только все переключатели матрицы будут расположены горизонтально. Начальное значение каждого переключателя выбирается произвольным образом.

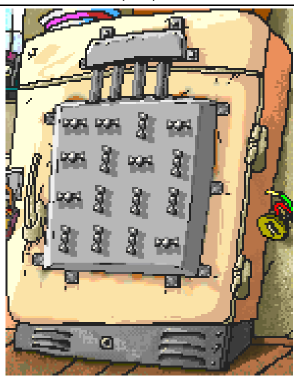


Рисунок 1. Замок из игры «Братья Пилоты. По следам полосатого слона».

Сформулированную выше задачу мы называем *задачей о крестах*, поскольку по условию одновременно меняют своё положение все переключатели из «креста», образованного некоторой строкой и некоторым столбцом матрицы.

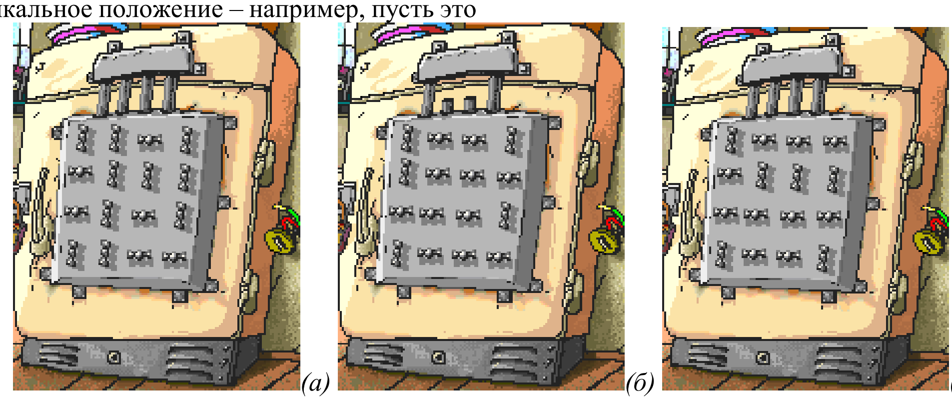
Прежде всего, возникает вопрос: всегда ли задача о крестах имеет решение, то есть действительно ли замок можно открыть при любом начальном положении переключателей? Оказывается, что всегда, коль скоро матрица переключателей имеет чётное число строк и чётное число столбцов. Рассмотрим один из способов решения данной задачи на конкретном примере.

Пример решения задачи о крестах

В матрице, изображённой на рисунке 1, восемь переключателей находятся вертикально. Выберем наугад любой из них – пусть, например, это будет переключатель из 1-ой строки, 3-его столбца – и изменим его положение на противоположное. Вместе с ними изменят своё положение все переключатели из креста, образованного 1-ой строкой и 3-им столбцом матрицы; см. рисунок 2(а). Выберем следующий переключатель, который изначально занимал вертикальное положение – например, пусть это будет переключатель из 2-ой строки, 3-его столбца. После изменения его положения матрица примет вид, изображённый на рисунке 2(б). Аналогичные действия повторим для всех остальных переключателей, располагавшихся в начальной матрице вертикально, не зависимо от того, какое положение они занимают в данный момент. Так, переключатель, находящийся во 2-ой строке, 4-ом столбце (см. рисунок 2(б)) уже занял горизонтальное положение, но в начальной матрице (см. рисунок 1) его положение было вертикальным, поэтому мы всё равно изменим его положение и получим матрицу, изображённую на рисунке 2(в).

В конечном итоге матрица примет вид, изображенный на рисунке 3. С ней поступим аналогично: последовательно изменим положение каждого из шести переключателей, расположенных в данной матрице вертикально, не обращая внимания на их промежуточные положения.

После выполнения всех указанный действий каждый переключатель матрицы займёт горизонтальное положение, и задача о крестах для рассматриваемой матрицы будет полностью решена.



(а) (б) (в)

Рисунок 2. Изменение матрицы переключателей после последовательного изменения положения переключателей из (а) 1-ой строки, 3-его столбца; (б) 2-ой строки, 2-ого столбца; (в) 2-ой строи 4-ого столбца.

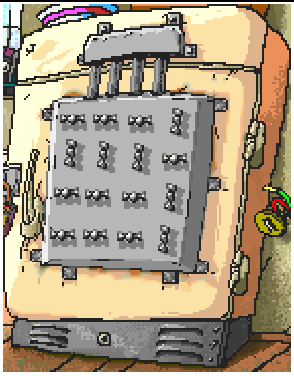


Рисунок 3. Вид матрицы после изменения положения всех переключателей, располагавшихся в исходной матрице вертикально.

Формальная постановка задачи о крестах

Из приведённого выше описания совершенно неясно, почему для матриц из чётного количества строк и чётного количества столбцов приведённый алгоритм непременно должен решить задачу о крестах. Неясно, существуют ли другие методы решения, чем они лучше или хуже, как их искать и анализировать. Но главное – пока ещё не видно, что задача о крестах и принцип двойственности из дискретной математики имеют тесную связь.

Чтобы продвинуться дальше, необходимо, прежде всего, провести строгую математическую формализацию условия задачи. Для этого зафиксируем два *чётных* числа n и m. Множество всех матриц над полем $\mathbb{Z}_2$ размера $n \times m$ (n– число строк, m – число столбцов) обозначим через A. Для произвольной матрицы $a \in A$ элемент, стоящий в её i-ой строке, j-ом столбце, будем обозначать через $a[i, j]$. Рассмотрим отображения $\varphi^{ij} : A \to A$, $1 \le i \le n$, $1 \le j \le m$, определённые следующим образом:

$$a\varphi^{ij}[x, y] = \begin{cases} \neg a[x, y], & \text{если } (x = i) \text{ или } (y = j); \\ a[x, y], & \text{если } (x \ne i) \text{ и } (y \ne j), \end{cases}$$

где символ «$\neg$» обозначает операцию

$$\neg 0 = 1, \quad \neg 1 = 0.$$

Множество всех таких отображений обозначим через Φ:

$$\Phi = \{\varphi^{ij} \mid 1 \le i \le n, 1 \le j \le m\}.$$

Определение 1. *Пусть $a \in A$ – произвольная матрица. Набор отображений φ_1, φ_2, …, $\varphi_N \in \Phi$ назовём решением задачи о крестах для матрицы a, если композиция данных отображений переводит матрицу a в нулевую матрицу:*

$$a\varphi_1\varphi_2...\varphi_N = 0.$$

Теперь, когда задача о крестах получила формулировку на языке алгебры и теории множеств, мы может приступить к её решению, применяя методы математической логики, дискретной математики, линейной алгебры и других современных разделов высшей математики.

План решения задачи о крестах

Идея получения общего решения задачи о крестах заключается в следующем. Рассмотрим какое-нибудь взаимно однозначное линейное отображение $\lambda : A \to A$. Обратное к λ отображение будем обозначать через λ^{-1}. Для каждого отображения $\varphi^{ij} \in \Phi$, определим отображение $\psi^{ij} : A \to A$:

$$a\psi^{ij} = a\lambda^{-1}\varphi^{ij}\lambda. \tag{1}$$

Множество всех таких отображений обозначим через Ψ:

$$\Psi = \{\psi^{ij} \mid 1 \le i \le n, 1 \le j \le m\}.$$

Заметим, что для любых отображений ψ_1, ψ_2, …, $\psi_N \in \Psi$, если через φ_1, φ_2, …, φ_N обозначить соответствующие им отображения из множества Φ:

$$\varphi_k = \lambda\psi_k\lambda^{-1} \quad \text{для всех } k \in \{1, ..., n\}, \tag{2}$$

будет выполнено следующее равенство:

$$a\psi_1\psi_2...\psi_N = a\lambda^{-1}\varphi_1\varphi_2...\varphi_N\lambda$$

(его легко проверить индукцией по N, используя утверждение (1) в качестве базиса индукции). Если для какой-либо матрицы $a \in A$ найден набор отображений ψ_1, ψ_2, …, $\psi_N \in \Psi$, композиция которых переводит матрицу a в нулевую матрицу, то есть если выполнено условие

$$a\psi_1\psi_2...\psi_N = 0, \tag{3}$$

то композиция отображений φ_1, φ_2, …, φ_N переведёт матрицу $a\lambda^{-1}$ в нулевую матрицу:

$$\begin{array}{ccccccccc}
a & \xrightarrow{\psi_1} & a\psi_1 & \xrightarrow{\psi_2} & a\psi_1\psi_2 & \xrightarrow{\psi_3} & \ldots & \xrightarrow{\psi_n} & 0 \\
\uparrow & & \uparrow & & \uparrow & & & & \uparrow \\
a\lambda^{-1} & \xrightarrow{\varphi_1} & a\lambda^{-1}\varphi_1 & \xrightarrow{\varphi_2} & a\lambda^{-1}\varphi_1\varphi_2 & \xrightarrow{\varphi_3} & \ldots & \xrightarrow{\varphi_n} & a\lambda^{-1}\varphi_1\ldots\varphi_N
\end{array}$$

(вертикальными стрелочками обозначены отображения λ; при составлении данной коммутативной диаграммы мы использовали равенство (2)). Ввиду того, что $0\lambda = 0$, мы получим

$$a\lambda^{-1}\varphi_1\varphi_2\ldots\varphi_N = 0.$$

Пусть теперь $b \in A$ – произвольная матрица. Подберём отображение λ таким образом, чтобы *для любой* матрицы $a \in A$ заведомо существовал набор отображений $\psi_1, \psi_2, \ldots, \psi_N \in \Psi$, обеспечивающий выполнение условия (3). Тогда матрицу b можно будет представить в виде $b = a\lambda^{-1}$ для некоторой матрицы $a \in A$ ввиду взаимной однозначности отображения λ. После этого с помощью формулы (2) мы получим набор отображений $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_N \in \Phi$, композиция которых переведёт матрицу b в нулевую матрицу. Тем самым для матрицы b, выбранной произвольным образом, будет получено решение задачи о крестах в смысле определения 1.

Существование решения задачи о крестах

Далее все операции будем выполнять над полем $\square_2$. Будем также использовать введённые ранее обозначения n, m, A, λ, φ^{ij}, ψ^{ij}, Φ, Ψ.

Пусть $a \in A$ – произвольная матрица. *Матрицей переключений* для матрицы a мы будем называть матрицу a^*, определённую следующим образом:

$$a^*[x,y] = \sum_{i=1}^{n} a[i,y] + \sum_{j=1}^{m} a[x,j] + a[x,y]. \qquad (4)$$

Непосредственной проверкой легко убедиться, что

Предложение 1. *Для любых матриц* $a, b \in A$ *и любого элемента* $k \in \square_2$ *матрицы переключений* a^* *и* b^* *обладают свойствами*

$$(a+b)^* = a^* + b^*; \quad (ka)^* = ka^*.$$

Так как оба числа n и m являются чётными, оказывается справедливым

Предложение 2. *Для любой матрицы* $a \in A$ *выполняется следующее условие:*

$$\left(a^*\right)^* = a.$$

Доказательство. Пусть $a \in A$ – произвольная матрица. Воспользуемся определением матрицы переключений (4):

$$\left(a^*\right)^*[x,y] = \sum_{i=1}^{n} a^*[i,y] + \sum_{j=1}^{m} a^*[x,j] + a^*[x,y] =$$

$$= \sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{k=1}^{n} a[k,y] + \sum_{l=1}^{m} a^*[i,l] + a[i,y]\right) + \sum_{j=1}^{m}\left(\sum_{k=1}^{n} a[k,j] + \sum_{l=1}^{m} a[x,l] + a[x,j]\right) +$$

$$+\left(\sum_{i=1}^{n} a[i,y] + \sum_{j=1}^{m} a[x,j] + a[x,y]\right) =$$

$$= \left(n\cdot\sum_{k=1}^{n} a[k,y] + \sum_{i=1}^{n}\sum_{l=1}^{m} a[i,l] + \sum_{i=1}^{n} a[i,y]\right) + \left(\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{n} a[k,j] + m\cdot\sum_{l=1}^{m} a[x,l] + \sum_{j=1}^{m} a[x,j]\right) +$$

$$+\left(\sum_{i=1}^{n} a[i,y] + \sum_{j=1}^{m} a[x,j] + a[x,y]\right).$$

Мы получили 9 слагаемых. Так как числа n и m являются чётными, то первое и пятое слагаемое обращаются в 0:

$$n\cdot\sum_{k=1}^{n} a[k,y] + m\cdot\sum_{l=1}^{m} a[x,l] = 0.$$

Второе слагаемое есть сумма s всех элементов матрицы a, поэтому оно совпадает с четвёртым слагаемым, которое также представляет собой сумму всех элементов матрицы a; в сумме они дают 0:

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{l=1}^{m} a[i,l] + \sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{n} a[k,j] = s + s = 0.$$

Третье слагаемое совпадает с седьмым, шестое – с восьмым. Таким образом, первые восемь слагаемых в сумме дают 0, и остаётся нетронутым лишь девятое слагаемое. Окончательно получаем:

$$\left(a^*\right)^*[x,y]=a[x,y].$$

Замечание. Если бы при постановке задачи о крестах хотя бы одно из чисел n, m было выбрано нечётным, то утверждение, аналогичное предложению 2, оказалось бы неверным.

Оказывается, чтобы решить задачу о крестах для произвольной матрицы из множества A, можно в качестве λ рассмотреть отображение

$$a\lambda=a^* \quad \text{для всех } a\in A. \qquad (5)$$

Из предложения 1 следует линейность, а из предложения 2 – взаимная однозначность отображения λ. Чтобы строго доказать существование решения при таком определении отображения λ, требуется выяснить:

1) что в данном случае представляют собой отображения ψ^{ij};

2) почему для любой матрицы $a\in A$ найдётся набор отображений ψ_1, ψ_2, …, $\psi_N\in\Psi$, композиция которых переводит матрицу a в нулевую матрицу.

Будем использовать матрицы $e^{ij}\in A$, $f^{ij}\in A$, которые определим в случае $1\le i\le n$, $1\le j\le m$ следующими формулами:

$$e^{ij}[x,y]=\begin{cases}1, & \text{если } (x=i) \text{ и } (y=j);\\ 0, & \text{если } (x\ne i) \text{ или } (y\ne j);\end{cases}$$

$$f^{ij}[x,y]=\begin{cases}1, & \text{если } (x=i) \text{ или } (y=j);\\ 0, & \text{если } (x\ne i) \text{ и } (y\ne j).\end{cases} \qquad (6)$$

Из определения матрицы переключений непосредственно следует, что

$$\left(e^{ij}\right)^*=f^{ij};\quad \left(f^{ij}\right)^*=e^{ij}. \qquad (7)$$

Непосредственно из определения отображения φ^{ij} видно, что

$$a\varphi^{ij}=a+f^{ij}. \qquad (8)$$

Но тогда, пользуясь определениями отображений ψ^{ij}, λ, предложениями 1 и 2, а также формулами (7) и (8), мы получаем цепочку равенств:

$$a\psi^{ij}=a\lambda^{-1}\varphi^{ij}\lambda=\left(a^*\varphi^{ij}\right)^*=\left(a^*+f^{ij}\right)^*=\left(a^*\right)^*+\left(f^{ij}\right)^*=a+e^{ij}.$$

Данная формула отвечает на вопрос, что представляют собой отображения ψ^{ij}.

Далее, у каждой из матриц e^{ij} ровно один элемент $[x,y]$ отличен от 0, поэтому

$$a\psi^{ij}[x,y]=\begin{cases}\neg a[x,y], & \text{если } (x=i) \text{ и } (y=j);\\ a[x,y], & \text{если } (x\ne i) \text{ или } (y\ne j).\end{cases}$$

Ясно, что с помощью таких отображений ψ^{ij}, действительно, любую матрицу $a\in A$ можно привести к нулевой матрице, и тогда, пользуясь формулами (2), мы получим решение задачи о крестах для матрицы a^*. А поскольку произвольную матрицу $b\in A$ можно представить в виде $b=a^*$, мы заключаем, что полностью доказано

Предложение 3. *Для любой матрицы из множества A существует решение задачи о крестах в смысле определения 1.*

Способы решения задачи о крестах

Матрицы e^{ij} образуют базис в линейном пространстве A. Для произвольной матрицы $a\in A$ её разложение по матрицам e^{ij} как по базисным векторам имеет вид

$$a[x,y]=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}a[i,j]e^{ij}[x,y]. \qquad (9)$$

Теорема 4. *Пусть n и m – произвольные чётные натуральные числа, A – множество матриц над полем $\mathbb{Z}_2$, состоящих из n строк и m столбцов. Тогда матрицы f^{ij}, определяемые по формуле (6), образуют базис в линейном пространстве A. При этом произвольная матрица $a\in A$ раскладывается по матрицам f^{ij} следующим образом:*

$$a[x,y]=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}a^*[i,j]f^{ij}[x,y], \qquad (10)$$

где матрица a^* определяется формулой (4). Разложение матрицы a^* по матрицам f^{ij} имеет вид:

$$a^*\left[x,y\right]=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}a\left[i,j\right]f^{ij}\left[x,y\right]. \qquad (11)$$

Доказательство. Отображение λ, определяемое по формуле (5), является автоморфизмом линейного пространства A. Формулы (7) показывают, что под действием λ матрицы e^{ij} переходят в матрицы f^{ij}. Так как e^{ij} образуют базис пространства A, то матрицы f^{ij} также образуют один из его базисов. Записывая для матрицы a^* разложение (9) и применяя формулы из предложений 1 и 2, получаем формулу (10):

$$a=\left(a^*\right)^*=\left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}a^*\left[i,j\right]e^{ij}\right)^*=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}a^*\left[i,j\right]f^{ij}$$

(здесь мы учли, что $a^*\left[i,j\right]$ является элементом поля $\mathbb{Z}_2$, а не матрицей, поэтому «звёздочка» оставляет данное выражение без изменений). Формула (11) выводится аналогично.

Формула (10) позволяет для произвольной матрицы $a\in A$ находить самое короткое решение φ_1, φ_2, …, $\varphi_N\in\Phi$ задачи о крестах в смысле определения 1. Из теоремы 4 следует, что *такое решение является единственным с точностью до порядка следования отображений, и оно содержит те и только те отображения $\varphi^{ij}\in\Phi$, для которых $a^*\left[i,j\right]=1$*. Данный метод решения требует предварительного вычисления матрицы переключений a^*; это может быть сделано, например, по формуле (4).

В начале статьи был описан другой метод решения задачи о крестах, разобранный на примере матрицы a, изображённой на рисунке 1. Метод работал в два этапа: сначала из заданной матрицы a мы получили матрицу b, изображённую на рисунке 3, такую, что $b^*=b$; на втором этапе из матрицы b мы получили нулевую матрицу. Благодаря тому, что теперь задача полностью формализована, мы можем понять, почему такой метод срабатывает для произвольной матрицы, то есть почему в конце первого этапе мы непременно получаем матрицу, совпадающую со своей матрицей переключений. Дело в том, что согласно формуле (11) на первом этапе исходная матрица a приводится к матрице $b=a+a^*$. Применим к матрице b^* разложение по матрицам f^{ij} и используем предложения 1, 2 и формулы (10), (11):

$$b^*=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}b\left[i,j\right]f^{ij}=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\left(a+a^*\right)\left[i,j\right]f^{ij}=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\left(a\left[i,j\right]f^{ij}+a^*\left[i,j\right]f^{ij}\right)=a^*+a.$$

Мы видим, что $b^*=b$. Следовательно, описанный метод действительно для произвольной матрицы из множества A позволяет находить решение задачи о крестах, хотя это решение и не является самым коротким.

Заключение

Теперь, когда решение задачи о крестах записано в виде формул, прослеживается её чёткая связь с дискретной математикой. А именно, напомним определение *символа Кронекера*:

$$\delta_{ij}=\begin{cases}1, & \text{если } i=j;\\ 0, & \text{иначе.}\end{cases}$$

С его помощью определения матриц e^{ij} и f^{ij} можно переписать следующим образом:

$$e^{ij}\left[x,y\right]=\delta_{ix}\,\&\,\delta_{jy};\qquad f^{ij}\left[x,y\right]=\delta_{ix}\vee\delta_{jy},$$

где символы «$\&$» и «$\vee$» обозначают соответственно логическую конъюнкцию и логическую дизъюнкцию. Напомним, что для произвольной k-местной функции алгебры логики $f:\left(\mathbb{Z}_2\right)^k\to\mathbb{Z}_2$ *двойственная функция* f^* определяется как

$$f^*\left(x_1,\ldots,x_k\right)=\neg f\left(\neg x_1,\ldots,\neg x_k\right).$$

Операции конъюнкции и дизъюнкции двойственны друг к другу, так что элементы матриц e^{ij} и f^{ij} задаются двойственными формулами. Поскольку сложение по модулю 2 является самодвойственной операцией, справедливость разложений (9), (10) и (11) позволяет предположить, что хорошо известный *принцип двойственности* может быть обобщён на линейные операторы над булевыми матрицами; подробности выходят за рамки данной работы.

Отметим, что замена конъюнкции на дизъюнкцию в определении произведения булевых матриц приводит к понятию *дизъюнктного произведения*. Некоторые свойства дизъюнктного произведения и некоторые его связи с обычным произведением булевых матриц доказаны в работе [2], посвящённой матричным уравнениям простейших типов.

Список литературы:

1. Мешковский К. А. Теория связи и Великая теорема Ферма. // Информация и космос. 2004, № 3. С. 28 – 37.

2. Поплавский В. Б. О приложениях

ассоциативности дуальных произведений алгебры булевых матриц. // Фундаментальная и прикладная математика. 2011/2012. Том 17, No 4. С. 181 – 192.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПИТАНИЕ КАК ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ГОСТИНИЧНОГО БИЗНЕСА

Вершинина Людмила Павловна

Преподаватель высшей квалификационной категории государственного автономного профессионального образовательного учреждения Ростовской области «Ростовский колледж рекламы, сервиса и туризма «Сократ», город Ростов-на-Дону

ENVIRONMENTAL NUTRITION AS A PERSPECTIVE DIRECTION OF DEVELOPMENT OF HOTEL BUSINESS

Vershinina Ludmila Pavlovna

Teacher of the highest qualification category of the state Autonomous professional educational institution of the Rostov region "Rostov College advertising, service and tourism "Socrates", the city of Rostov-on-don

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена вопросам внедрения в гостиничный бизнес экологического питания. Рассмотрены особенности экологических отелей и экологического питания в гостиницах и его влияния на состояние здоровья человека.

ABSTRACT

The article is devoted to the implementation of the hotel business of environmental nutrition. The peculiarities of ecological accommodation and ecological food in hotels and its impact on human health.

Ключевые слова: гостиница, экологический туризм, экологическое питание, экопродукты
Keywords: the hotel, eco-tourism, ecological food, ecological products

На доходность и успешность любого гостиничного предприятия влияет большое количество факторов. Экологический, наряду с социальным и экономическим, является основным и самым важным фактором, оказывающим влияние на развитие сферы гостеприимства в целом и гостиничного бизнеса в частности. Именно этот фактор определяет удовлетворенность потребителя гостиничных услуг обслуживанием посредством ощущения безопасности и комфортности, а также воздействия на состояние здоровья. Усиление конкуренции на рынке гостиничных услуг является одной из значимых тенденций развития гостиничного сервиса в России, вследствие чего, появляется большое количество средств размещения с весьма завышенными амбициозными планами привлечения гостей, что влечет за собой перенасыщение рынка гостиничных услуг однотипными предложениями.

В результате сложившейся ситуации любому средству размещения необходимо стремиться к тому, чтобы не только сохранить, но и закрепить свои позиции на рынке гостиничных услуг. Добиться этого возможно путем внедрения инновационных услуг и технологий при обслуживании гостей.

Состояние окружающей среды в настоящее время во всем мире вызывает беспокойство у большого количества людей, что способствует увеличению спроса на экопродукты и, как следствие, появлению такого понятия как "экологичность" в гостиничном бизнесе. Жители всего мира склонны отдавать предпочтение тем гостиницам, которые заботятся об окружающей среде и природный ресурсах, придерживаются принципов рационального природопользования.

То же касается и ресторанного бизнеса в частности, который является неотъемлемой частью гостиничной индустрии. Множество людей желают питаться свежей и здоровой пищей. Именно поэтому, рестораны, специализирующиеся на блюдах из экологически чистых продуктов необычайно актуальны и востребованы.

По определению Всемирной Организации здравоохранения здоровье – состояние полного физического, психического и социального благополучия. Основным критерием оценки здоровья является уровень способности человека приспосабливаться к окружающему миру [2]. Здесь подразумевается как приспособление к вредным факторам окружающей среды, так и социальная адаптация человека.

Повышенный спрос на экологические туры, сформировавшийся в последнее десятилетие, повлек за собой появление экологических отелей, как составной части системы экологического туризма. На сегодняшний день экологические отели становятся все более популярными. Все чаще путешественники стремятся забронировать номер именно в экологическом отеле.

Экопитание является неотъемлемой частью экологического отеля. Основная цель здорового питания - нормализация биоравновесия в организме человека, которое, население многих стран и горо-