

И. В. Синёв,  
преподаватель вычислительной техники  
Кировского транспортного техникума.

### **Логический подход к решению транспортной задачи в Excel в учебном процессе.**

С появлением компьютеров решение многих задач стало сводиться к элементарному вводу данных, а алгоритм решения знают только составители программ. Это хорошо для практических целей, но для процесса обучения такие программы не подходят, т.к. теряется возможность развития у студента логического мышления. Компьютер должен помогать студенту при выполнении элементарных, но громоздких вычислений, а логическая часть решения задачи должна оставаться за студентом. Понятно, что составление таких программ ляжет на плечи преподавателей, поскольку стандартные программы для народного хозяйства, написанные профессиональными программистами, должны облегчать труд человека, а преподаватель должен подготовить студентов к созданию таких программ или алгоритмов. Для этого студент сам должен принимать участие в решении задач, чтобы научиться создавать их самостоятельно. Рассмотрим одну из таких программ.

Студентам практически всех технических ВУЗов приходится решать так называемую транспортную задачу. Транспортная задача представляет собой задачу линейного программирования, её можно решать симплекс-методом. Однако специфическая структура условий задачи позволила разработать более эффективные вычислительные методы.

Внимание к транспортным задачам обусловлено тем, что задачи подобного типа, во-первых, часто встречаются в практических работах по исследованию операций и, во-вторых, к ним сводятся многие другие задачи линейного программирования: сетевая задача, задача о назначениях, задача календарного планирования и т.п.

Для решения транспортной задачи разработан целый ряд методов. Здесь рассмотрен метод, который нашёл широкое применение в практике, а именно метод потенциалов (модификация распределительного метода). Данная задача легко решается с помощью компьютера, например на языках Pascal, FoxPro. Однако при полностью автоматизированном решении студенты, как сказано выше, лишены возможности логически мыслить, т.к. сразу, после ввода данных, получают оптимальный план, а при «ручном» решении много времени затрачивается на рутинную работу – математические вычисления. Этим недостатком лишена программа в Excel, созданная автором. В ней присутствует и самостоятельное мышление при построении опорных планов, и компьютерная помощь при громоздких вычислениях. Эта программа будет полезной студентам, которые изучают методы решения оптимизационных задач, а также преподавателям вычислительной техники и программистам.

Теория и математическая постановка транспортной задачи хорошо изложена во многих учебниках. Однако следует напомнить основные положения задачи.

Даны размеры  $m$  запасов ( $a_i$ ) и  $n$  потребностей ( $b_j$ ), и матрица стоимости перевозки единицы груза от каждого поставщика к каждому потребителю ( $C_{ij}$ ).

Нужно составить план перевозок, чтобы общая стоимость всех перевозок ( $F$ ), была минимальной.

Задача представляет собой транспортную задачу линейного программирования. Она может быть открытого типа, когда

$$\sum_{i=1}^m a_i > \sum_{j=1}^n b_j, \text{ или } \sum_{i=1}^m a_i < \sum_{j=1}^n b_j$$

При превышении общего объема запасов над спросом (или наоборот), в таблицу данных добавляется фиктивный пункт потребления (или запасов). Потребления (или запасы) в этом пункте принимаются равным превышению общего объема наличия продукта над суммарным объемом спроса (или наоборот), то есть (в первом случае)

$$b_{\phi} = \sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j$$

Стоимость ( $C_{ij}$ ) в клетках этого столбца таблице равняется нулю. По аналогии действуем и во втором случае.

После этих преобразований задача становится транспортной задачей линейного программирования закрытого типа, потому что

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$$

Рассмотрим решение задачи методом потенциалов.

Строим первый опорный план. При этом используем метод двойного преимущества: сначала выбираем клетки с минимальной стоимостью по каждой строке, потом - по каждому столбцу.

Для построения первого опорного плана используют и другие методы, например, северо-западного угла.

Этот опорный план с данными представляем в первой таблице. Справа от таблицы добавляем столбец потенциала  $U_i$ , снизу - строка потенциала  $V_j$ . В первой строке принимаем  $U_i=0$  и дальше заполняем значение потенциалов по строкам и столбцам таблицы, где есть значения (базисные клетки) таким образом, чтобы выполнялось уравнение:  $C_{ij}=U_i+V_j$ .

В плане должно быть  $(m+n-1)$  базисных клеток.

Если оценка какой-то свободной клетки  $S_{ij}=C_{ij}-(U_i+V_j)<0$ , - план не является оптимальным.

Тогда переделываем план, избрав эту клетку (если их несколько - выбираем максимальную по модулю), вписав в неё минимальное из существующих значений базисных клеток. Другие значения базисных клеток

преобразуем таким образом, чтобы сумма спроса и потребности по строкам и столбцам оставалась неизменной.

То есть, увеличиваем или уменьшаем на это значение другие базисные клетки. Цикл пересчёта – это многоугольник с прямыми углами в базисных (заполненных) клетках, в которых и делаем этот пересчет.

На каждом этапе преобразования транспортной таблицы можно подсчитывать общие расходы для сравнения с предыдущим планом.

Когда для всех клеток выполняется условие  $S_{ij} >= 0$  - план будет оптимальным, то есть общие расходы  $F$  - минимальны.

Следует отметить, - если в полученном оптимальном опорном плане есть хотя бы одна оценка свободной клетки, которая равна нулю, то такой оптимальный план неоднозначен, то есть при той же минимальной стоимости может быть и другой оптимальный опорный план, что не меняет цели решенной задачи.

Далее приведена исходная таблица (в начале работы в файле-книге Excel) для решения транспортной задачи (3x5), т.е. 3 поставщика и 5 потребителей (рис.1). Заготовки таблиц для любого сочетания поставщиков и потребителей можно выполнить на отдельных листах Excel.

**ИНСТРУКЦИЯ по работе с программой (подведи курсор сюда)**

**ИНСТРУКЦИЯ**

**1. В первой таблице:**

- 1.1. Заполняем строку потребностей и столбец запасов.
- 1.2. В левом-верхнем углу каждой ячейки вводим  $S_{ij}$ .
- 1.3. Расставляем кол-во груза в правой части клеток: любым приёмом, например, по правилу северо-западного угла.
- 1.4. Определяем и расставляем потенциалы  $U$  и  $V$ .
- 1.5. Выделяем заштрихованную клетку в левом-верхнем углу таблицы.
- 1.6. Щелкаем по кнопке, находящейся справа от таблицы ("Стоп!!!...").

После этого...

Ниже исходной таблицы будет создана её копия, причём значения потенциалов строк и столбцов ( $U$  и  $V$ ), кроме  $U[1]=0$ , будут удалены, чтобы вы определили и ввели их новые значения.

**2. Во второй (и последующих) таблице:**

- 2.1. По индексам перспективной клетки для пересчёта опорного плана (клетка с макс отрицательным значением  $S_{ij}$ , определённая в предыдущем плане), выстраиваем цикл пересчёта.
- 2.2. Изменяем кол-во груза в клетках цикла пересчёта.
- 2.3. Определяем и расставляем потенциалы  $U$  и  $V$ .
- 2.4. Выделяем заштрихованную клетку в левом-верхнем углу этой таблицы.
- 2.5. Щелкаем по кнопке справа от таблицы ("Стоп !!!...").

Повторяем пункт 2 до тех пор, пока, после заполнения потенциалов  $U$  и  $V$ , под текущей таблицей не появится сообщение, что план оптимален! (Это сообщение может появляться и после копирования. Но не забываем заполнить ячейки потенциалов! Лишь после их заполнения данное сообщение имеет силу!)

После этого можно отправлять на печать. Очевидно, имеет смысл только последняя таблица. Но в учебных целях... можно печатать всё.

**УСПЕХОВ В РАБОТЕ!**

*Синёв И.В.*

Рис.1 Исходная таблица в Excel для решения транспортной задачи (3x5)

Программа снабжена инструкцией и подсказками. На листе, с помощью «Примечания», создается инструкция по работе с программой, которая появляется при наведении курсора на соответствующую ячейку (в данной программе – R1).

Содержание инструкции приведено ниже.

## ИНСТРУКЦИЯ ПО РАБОТЕ С ПРОГРАММОЙ

1. В первой (исходной) таблице:

- 1.1. Заполняем строку потребностей и столбец запасов.
- 1.2. В левом верхнем углу каждой ячейки вводим  $C_{ij}$  (тариф перевозки единицы груза).
- 1.3. Расставляем кол-во груза в правой части клеток любым приёмом, например, по правилу северо-западного угла.
- 1.4. Определяем и расставляем потенциалы  $U$  и  $V$ .
- 1.5. Выделяем заштрихованную клетку в левом верхнем углу таблицы.
- 1.6. Щёлкаем по кнопке, находящейся справа от таблицы ("Стоп!!! ...").

После этого ниже исходной таблицы будет создана её копия, причём значения потенциалов строк и столбцов ( $U$  и  $V$ ), кроме  $U[1]=0$ , будут удалены, чтобы вы определили и ввели их новые значения.

2. Во второй (и последующих) таблице(ах):

- 2.1. По индексам перспективной клетки для перерасчёта опорного плана (клетка с тах отрицательным значением  $S_{ij} = C_{ij} - (U_i + V_j)$ , - оценка свободной клетки, определённая в предыдущем плане), выстраиваем цикл перерасчёта.
- 2.2. Изменяем количество груза в клетках цикла перерасчёта.
- 2.3. Определяем и расставляем потенциалы  $U$  и  $V$ .
- 2.4. Выделяем заштрихованную клетку в левом верхнем углу этой таблицы.
- 2.5. Щёлкаем по кнопке справа от таблицы ("Стоп !!!...").

После выполнения этих действий с помощью макроса будет выполнено копирование последнего и вставка очередного опорного плана, в котором нужно перераспределить груз, но без значений потенциалов.

Заполняем значения потенциалов  $U$  и  $V$ . Если не все ячейки со значениями потенциалов заполнены – программа выдаст соответствующее сообщение.

Повторяем пункт 2 до тех пор, пока, после заполнения потенциалов  $U$  и  $V$ , под текущей таблицей не появится сообщение, что план оптимален! После этого можно отправлять на печать.

Очевидно, имеет смысл только последняя таблица. Но мы говорили об учебных целях, а это означает, что можно и нужно печатать всё.

Пример распечатки решения приведен в приложении на рис. 2-а, 2-б. Формулы в файле-книге Excel, по которым происходят вычисления, представить на рисунках электронной таблицы из-за их громоздкости невозможно. Кроме того, соответствие ссылкам лучше просмотреть в самой программе, т.к., например, формула

```
=ЕСЛИ(ИЛИ(B11="";D11="";F11="";H11="";J11="";L7="";L9="";H20>=0);"";
      ГПР(H20;B17:P18;2;ЛОЖЬ))
```

будет непонятной без наличия самой таблицы.

В данной работе не приводится порядок создания макросов, поскольку это не является принципиальным. Скопировать и вставить таблицу опорного плана, а также удалить значение потенциалов можно и без макроса. Но в данном случае, макрос позволяет не тратить время на рутинную работу и таким образом он лишь совершенствует программу. Его запуск осуществляется кликом по кнопке «СТОП!!! Выделите заштрихованную ячейку в левом верхнем углу таблицы!!! Только после этого щелкните данную кнопку». Это нужно для того, чтобы макрос при копировании опорного плана определил, относительно какой ячейки производить копирование и вставку.

Цикл пересчёта – многоугольник с прямыми углами вычерчивается в Excel с помощью панели инструментов «Рисование».

Замечания, предложения и заказы на приобретение данной бесплатной программы просьбы направлять по адресу: [siniov\\_igor@mail.ru](mailto:siniov_igor@mail.ru)

Синёву Игорю Вячеславовичу.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Деордица Ю.С., Нефедов Ю.М. – Исследование операций в планировании и управлении: Учебн. пособие. – К.: Выща шк., 1991. – 270с..
2. Глушаков С.В., Сурядный А.С. Microsoft Office 2000: Учебный курс. – Харьков: Фолио; Ростов-на-Дону; Феникс, 2001.–500 с.

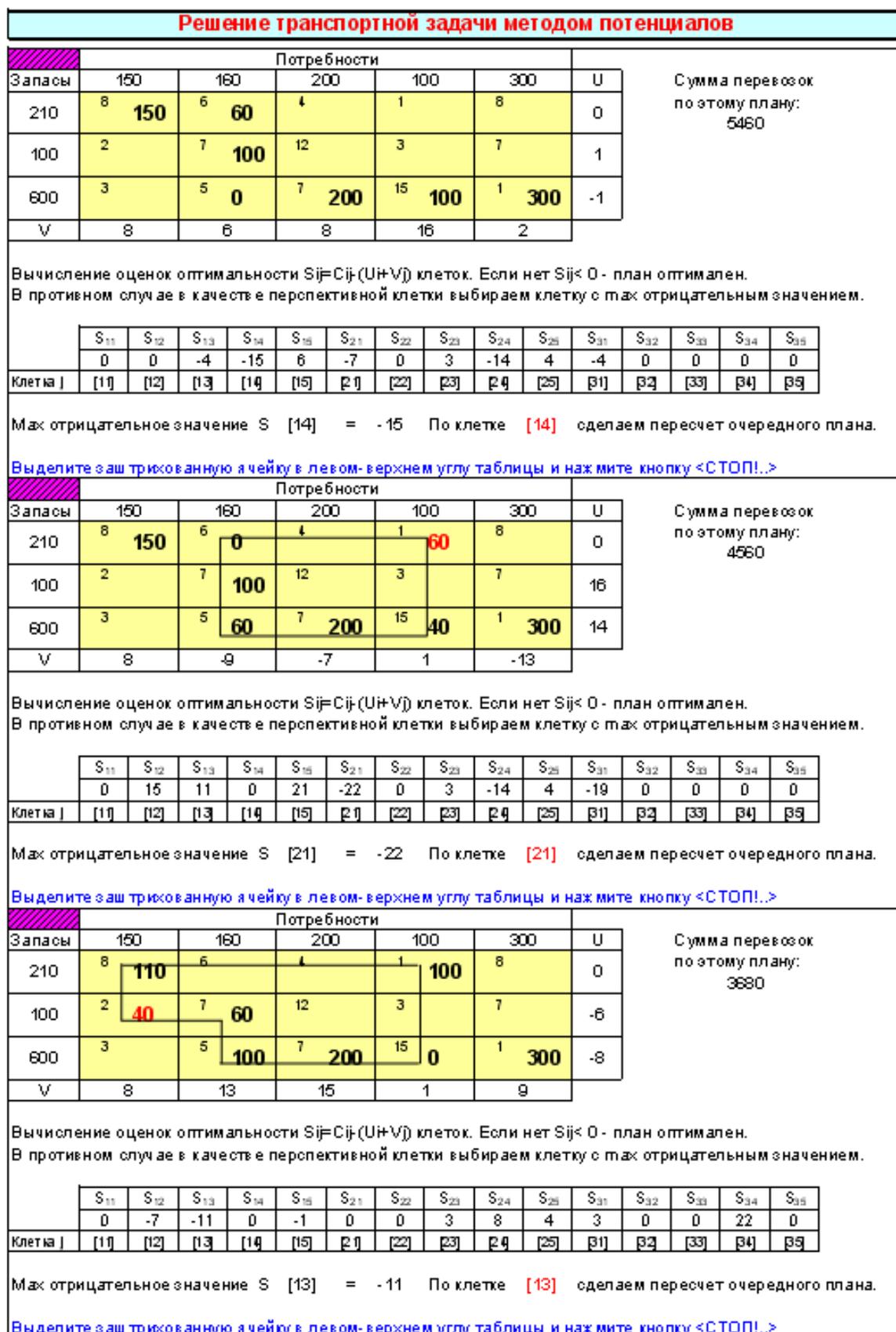


Рис.2-а Распечатка решения транспортной задачи (начало)

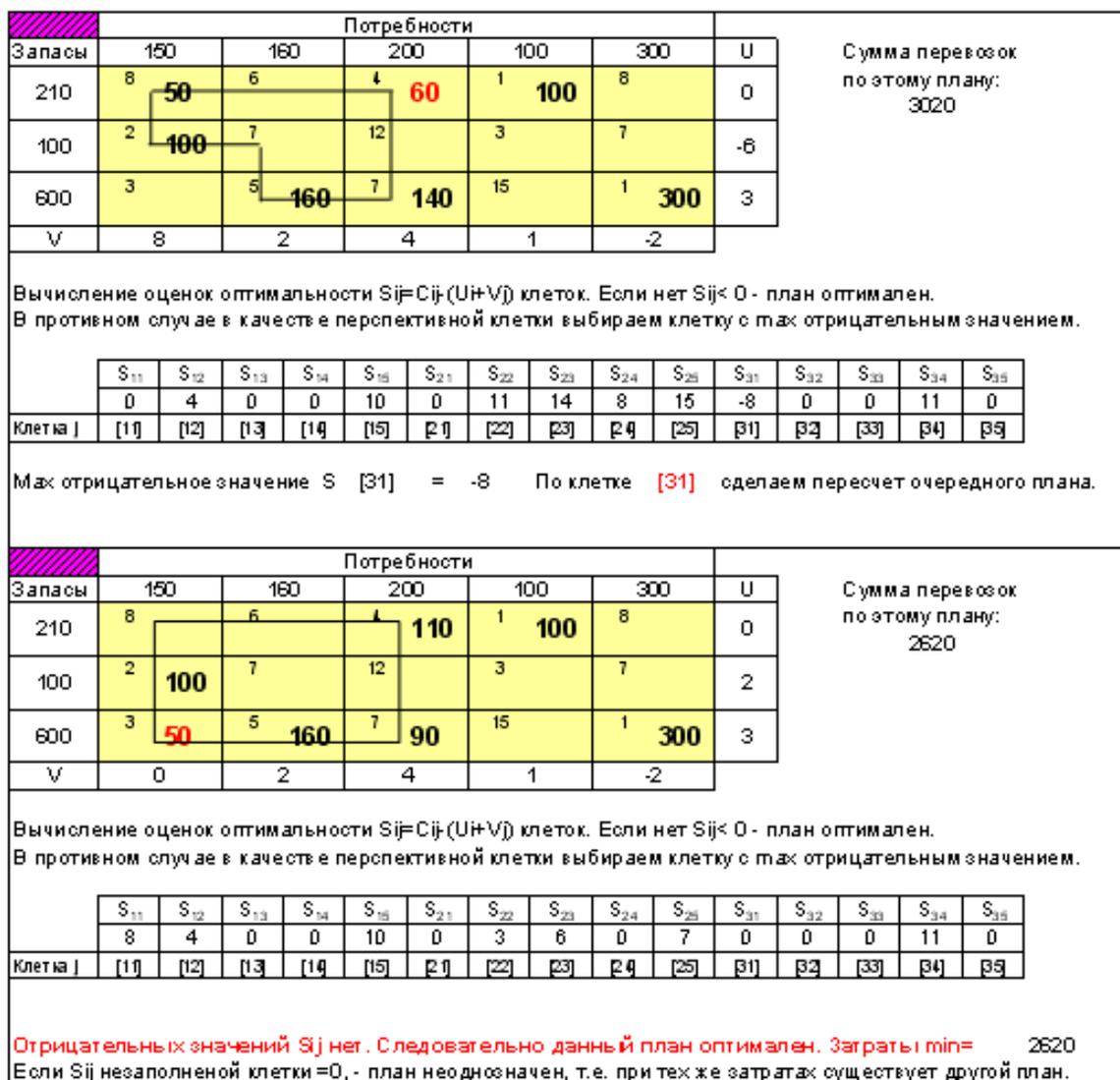


Рис.2-б Распечатка решения транспортной задачи (окончание)

*Примечание.* Поскольку в приведенном примере в оптимальном плане  $S_{32}=0$  (незаполненная клетка), то такой оптимальный план неоднозначен, то есть при той же минимальной стоимости может быть и другой оптимальный план, что не меняет цели решенной задачи. Альтернативный оптимальный план для данного примера представлен ниже.

