

Применение экономико-математических методов оптимизации информационных потоков

© 2011 А.В. Кораблев

Самарский государственный экономический университет

E-mail: korablev@inbox.ru

В статье рассматривается метод анализа и проектирования информационных потоков на основе транспортной модели, особенности его применения. Анализируется метод линейного программирования для нахождения кратчайшего пути при перемещении информационного потока.

Ключевые слова: информационный поток, системное управление, транспортная задача, скорость информационного потока, задача линейного программирования.

Информация является одним из главных ресурсов организации. Роль этого ресурса постоянно возрастает.

В современном мире происходит перерождение понятия “информация”. На смену статической информации (текст, отчет, график, диаграмма) приходит понятие “информационная работа”¹.

Информационная работа определяется как процесс преобразования информации посредством человеческого ресурса или компьютерной программы. Информационная работа порождает до 60 % валового национального продукта индустриально развитых стран.

Современная организация при своей деятельности и взаимодействии с внешней средой сталкивается с фактором избыточности информации в виде информационных потоков. Приходится управлять не хозяйственными операциями, а информацией об этих операциях.

В научной и практической деятельности разработаны различные методы анализа и проектирования информационных потоков с целью их оптимизации²:

- графический;
- сетевое моделирование;
- графоаналитический;
- метод функционально-операционного анализа;
- модуль-метод;
- метод схем информационных связей;
- метод реквизитов.

Все данные методы хорошо приспособлены для решения оптимизационных задач. Единственным недостатком является неполнота математического аппарата, необходимого для разработки качественных моделей исследования, управления, прогнозирования систем управления информационными потоками. Этому недостатка лишены экономико-математические методы моделирования экономических систем, например, метод анализа и проектирования информационных пото-

ков на основе транспортной модели. Возможность использования этого метода основана на схожести процесса передачи информации в системах управления организацией с процессом распределения продукции. Все потоки в организации (транспортные, материальные, финансовые) сопровождаются информационным потоком - документом. Признаком эффективной системы управления является выстроенная оптимальным образом система документооборота внутри организации. Для построения такой системы может быть использована транспортная модель³.

При решении транспортной задачи минимизируется выражение вида

$$\sum C_{i,j} X_{i,j},$$

где $C_{i,j}$ - суммарная кратность передачи всех документов из i -го подразделения в j -е;

$X_{i,j}$ - соответствующее число документов, искомый параметр системы документооборота.

В качестве критерия оптимальности выбирается суммарная кратность передач документов по маршрутам их движения:

$$T_{ц} = N Д \sum_{i=1}^{q_0} t_{0i} + \sum_{i=1}^{q_0-1} t_{ni},$$

где t_{0i} - время выполнения технологических операций, затрачиваемое на обработку единицы информации с учетом подготовительно-заключительного времени;

t_{ni} - время перерыва между смежными операциями, используемое для контроля и передачи материальных носителей информации к рабочему месту следующей операции (в том числе время, в течение которого документ лежит без движения до очередной операции);

q_0 - количество операций (формирование, восприятие, передача, обработка и хранение), вы-

полняемых над материальными носителями информации ($i = 1, 2, \dots, q_0$);

N_D - количество материальных носителей информации (документов).

Кратность передач документов по определенному маршруту движения равна:

$$K_D = N_D(N_3 - 1),$$

где N_3 - число звеньев, через которые проходит документ.

Для уменьшения длительности T_{α} цикла передачи и обработки необходимо минимизировать выражение $\sum_{i=1}^{q_0-1} t_{ni}$.

В подразделениях организации - источниках информации - создаются документы в количестве $a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n$ единиц, которые передаются в подразделения - потребители информации, соответственно, в количестве $b_1, b_2, \dots, b_i, \dots, b_n$ единиц.

Для решения задачи составляется квадратная матрица. Размерность матрицы равна n^2 . В матрице источники информации одновременно являются адресатами. Задача сводится к решению $(n + m - 1), (2n - 1)$ независимых уравнений с n^2 переменными, так как $n = m$. Основное решение будет содержать $(n^2 - 2n + 1) = (n - 1)^2$ переменных, значения которых равны нулю. Суммарная кратность передач всех документов из i -го источника j -му потребителю системы документооборота равна $C_{i,j}$, а соответствующее количество документов $X_{i,j}$, ($i = j = 1, 2, \dots, n$). Определим величины параметра сети X для всех маршрутов (i, j) так, чтобы суммарная кратность передачи документов в системе была минимальной.

Необходимо найти значения переменных $X_{i,j}$, которые минимизируют суммарную кратность передачи всех документов:

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{i,j} X_{i,j}, \quad (i = j = 1, 2, \dots, n).$$

Представленная целевая функция выражает суммарную кратность передач всех документов в системе.

На целевую функцию накладываются ограничения:

$$1. \sum_{j=1}^n X_{i,j} = a_{i,j}.$$

Выражает условие полной передачи документов из всех подразделений-поставщиков.

$$2. \sum_{i=1}^n X_{i,j} = b_{i,j}.$$

Выражает условие полного удовлетворения потребностей подразделений - потребителей документов.

$$3. X_{i,j} \geq 0, (i = j = 1, 2, \dots, n).$$

Неотрицательность условия поступления документов от потребителей к поставщикам.

Задача сводится к минимизации целевой функции при установленных ограничениях.

Следует отметить, что для применения данной модели необходимо учитывать условие однородности информационного потока⁴. Под однородностью понимается возможность передачи информации в системе управления от любого отправителя любому получателю. Невозможные или нежелательные маршруты движения информации могут быть исключены путем приравнивания отдельных элементов матрицы к нулю.

Требование однородности информации ограничивает область применения транспортной модели в анализе и проектировании информационных потоков.

В современных условиях функционирования для сохранения конкурентных преимуществ на рынке организации переходят на безбумажную технологию обработки информации (электронный документооборот). Отсутствие материальных носителей в условиях развитых коммуникаций устраняет необходимость оптимизации суммарной кратности передач документов.

Ключевым параметром качественного функционирования системы электронного документооборота является оценка производительности корпоративной сети организации по обмену данными (скорость информационного потока)⁵.

Определение кратчайшего пути при перемещении информационного потока методом линейного программирования - задача отыскания экстремума некоторой линейной функции, заданной линейными уравнениями и линейными неравенствами. При организации передачи информации в корпоративной сети возникает задача, которая сводится к распределению оптимальным образом допустимого времени передачи инфор-

мации по отдельным ветвям корпоративной сети. Это время зависит от требований к периодичности и времени решения задачи по обработке информации. Процесс передачи информации в корпоративной сети будет оптимальным, если распределить допустимые времена передачи информации по отдельным ветвям так, чтобы среднее время передачи информации по пути было минимальным.

В соответствии с исходным условием: общее время, затраченное на передачу информации по каждому пути, не должно превысить установленное для данного пути допустимое время.

Процесс передачи информации по i -му пути корпоративной сети при условии, что передача информации по отдельным ветвям независима, может быть описан следующим линейным алгебраическим неравенством:

$$K_{i,1}t_1 + K_{i,2}t_2 + K_{i,j}t_j + \dots + K_{i,n}t_n \leq t_{\partial i},$$

где $K_{i,j}$ - число сообщений, передаваемых по i -му

пути, в j -й ветви ($i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$);

m - число возможных путей в сети;

n - максимальное число ветвей в сети;

t_i - время передачи одного сообщения по j -й ветви;

$t_{\partial i}$ - допустимое время передачи информации по i -му пути.

Выражение связывает затраты времени на передачу информации по отдельным ветвям корпоративной сети с допустимым временем передачи по определенному пути.

Получим систему, состоящую из линейных алгебраических неравенств:

$$\left. \begin{aligned} K_{1,1}t_1 + K_{1,2}t_2 + \dots + K_{1,j}t_j + K_{1,n}t_n &\leq t_{\partial 1}; \\ K_{2,1}t_1 + K_{2,2}t_2 + \dots + K_{2,j}t_j + K_{2,n}t_n &\leq t_{\partial 2}; \\ K_{i,1}t_1 + K_{i,2}t_2 + \dots + K_{i,j}t_j + K_{i,n}t_n &\leq t_{\partial i}; \\ K_{m,1}t_1 + K_{m,2}t_2 + \dots + K_{m,j}t_j + K_{m,n}t_n &\leq t_{\partial m}; \end{aligned} \right\},$$

где m - возможные пути передачи информации в корпоративной сети.

Когда в каком-либо пути не используется какая-либо ветвь, соответствующий коэффициент $K_{i,j}$ принимают равным нулю. Задача отыскания неизвестных t_i сводится к решению системы линейных неравенств. При заданном числе сообщений, передаваемых в ветви, вычисленном времени передачи одного сообщения и заданной средней длине сообщения может быть определена требуемая пропускная способность сети элек-

тронного документооборота, образующих путь.

Для решения системы линейных неравенств составляется целевая функция:

$$F = \frac{\sum_i K_{i,1}}{\sum_i \sum_j K_{i,j}} t_1 + \frac{\sum_i K_{i,2}}{\sum_i \sum_j K_{i,j}} t_2 + \dots + \frac{\sum_i K_{i,j}}{\sum_i \sum_j K_{i,j}} t_j + \dots + \frac{\sum_i K_{i,n}}{\sum_i \sum_j K_{i,j}} t_n,$$

где t_j ($j = 1, 2, \dots, n$). Среди всевозможных не-

отрицательных решений $(t_1^+, t_2^+, \dots, t_n^+)$ системы линейных неравенств определяется такое решение $(t_1^{(0)}, t_2^{(0)}, \dots, t_n^{(0)})$, при котором линейная функция F принимает наименьшее возможное значение. Линейная функция F равна среднему времени передачи сообщения по пути сети.

Решение задачи линейного программирования позволяет определить оптимальным образом время передачи документа по ветвям при минимизации среднего времени передачи документа по пути.

При исследовании корпоративной сети, используемой для электронного документооборота, могут быть применены и другие виды целевых функций. В процессе организации передачи информации в корпоративной сети представляется интересным рассмотреть выбор времени передачи сообщения по ветви в зависимости от характера решения системы линейных неравенств. При таком выборе можно задавать любые значения времени передачи сообщения по сети, учитывая реальные или перспективные возможности техники связи. Выбор времени передачи сообщений по путям не нарушает условия оптимальности, так как уменьшает среднее время передачи сообщения. Если имеющимися средствами связи невозможно реализовать выбранные пропускные способности каналов связи, необходимо при заданном числе сообщений увеличить допустимое время передачи сообщений по путям и заново решить систему линейных неравенств.

Рассмотренные показатели эффективности дают количественную оценку эффективности использования корпоративной сети обмена данными подсистемы электронного документообо-

рота, отражают различные стороны функционирования системы, позволяют сформулировать конкретные требования к различным компонентам данной сети.

¹ *Dertouzos M.* What Will Be: How the New World of Information Will Change Our Lives. San Francisco, 1997.

² *Родкина Т.А.* Информационная логистика. М., 2001. С. 72.

³ *Бережная Е.В., Бережной В.И.* Математические методы моделирования экономических систем. М., 2005. С. 245-250.

⁴ *Федотов В.И.* Метод оптимизации потоков информации в управлении предприятием. М., 1970. С. 210-211.

⁵ *Финк Л.М.* Теория передачи дискретных сообщений. М., 1970. С. 120-121.

Поступила в редакцию 05.04.2011 г.