

## Моделирование программной реализации управления распределением трудовых ресурсов

*И.В. Зайцева<sup>1</sup>, Д.В. Шлаев<sup>1</sup>, А.В. Степкин<sup>2</sup>, М.В. Черноусов<sup>2</sup>,  
Е.В. Кособлик<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь*

<sup>2</sup>*Ставропольский филиал Краснодарского университета МВД России, Ставрополь*

**Аннотация:** В работе рассматривается теоретико-игровая модель сопровождения процессов распределения трудовых ресурсов, т.е. для моделирования рассматриваемой в работе задачи использовался математический аппарат теории игр. В данной работе описываются и подробно рассматриваются два алгоритма построения решения для двух моделей транспортных задач, применяемых для исследования распределения трудовых ресурсов: статической и динамической. Авторы описывают разработанные модели, а затем рассматривают структуру реализации решения задачи. В работе рассматривается компромиссное решение в моделях распределения трудовых ресурсов для транспортной задачи. Приводится алгоритм нахождения компромиссного множества и описание структуры программной реализации моделей. Описание моделей формализуется в области приложения к теории игр, т. е. рассматривается игровой вариант задачи. Игроки в построенной модели стремятся помимо получения максимальной прибыли также к достижению компромисса между участниками. Роль компромисса будет играть план перемещений трудовых ресурсов, удовлетворяющий всех участников. В результате получаем транспортную задачу в слегка измененной постановке. Данные отличия специфицируют новую задачу и ставят целью ее разрешение.

**Ключевые слова:** моделирование, анализ, управление, программная реализация, теоретико-игровые модели, распределение трудовых ресурсов.

На сегодняшний день в теории игр существует несколько основных направлений. Теория игр изучает процесс принятия решений в предположении, что существует механизм, обеспечивающий выполнение совместно принятого решения. В то же время основная проблема, которая встает перед исследователем, использующим теорию игр, заключается в нахождении множества взаимовыгодных решений с учетом интересов и самостоятельных возможностей отдельных игроков и коалиций, то есть групп совместно действующих игроков. Если такое множество включает в себя несколько вариантов решения, то возникает также задача разработки критерия оптимальности, позволяющего найти единственное, и, в некотором смысле, наилучшее решение [1].

Статическая модель характеризуется тем, что все параметры не зависят от времени. Опишем формальную постановку задачи. Задана сеть, задано количество трудовых ресурсов на каждом пункте производства, причем каждый пункт производства использует трудовые ресурсы определенного типа. Будем иметь в виду, что типы отличают трудовые ресурсы друг от друга. Также в каждом пункте производства заданы затраты на содержание единицы трудовых ресурсов. Задана потребность трудовых ресурсов в каждом пункте потребления, упорядоченная по типам, а также цена единицы трудовых ресурсов в каждом из пунктов потребления. На ребрах сети заданы пропускные способности и стоимость перемещения единицы трудовых ресурсов для каждого ребра [2-3].

Опишем несколько понятий для развития понимания теоретико-игрового подхода к решению задачи. Лица, принимающие решения, называются игроками. Выигрыш каждого игрока определяется функцией дохода. Существенной чертой представленной игры является то, что выигрыш каждого игрока зависит не только от сделанного им самим выбора, но и от выбора других игроков. Каждый игрок должен учитывать эту зависимость от остальных игроков при выборе своей стратегии. Игроками в данном случае выступают работники и работодатели. Множеством решений будут являться планы перемещений работников к пунктам работы. Заметим, что план перемещений представляет собой матрицу, значения в узлах которой показывают перемещение работников к работодателям. Для пунктов производства функция дохода представляет собой сумму выручки от дохода выполненной работником работы. Исключения составляют затраты на содержание работников и на перемещение работников, зависящих от пути перемещения.

Для пунктов потребления функция дохода определяется иначе. Доход в этом случае будет выражаться через полезность количества работников за

---

исключением затрат на содержание. Полезность представляет собой функцию, зависящую от количества работников, и описывает выгоду работодателя от его реализации, для каждого типа трудовых ресурсов имеет свой вид.

Поиск компромисса в данной модели сводится к нахождению компромиссного множества из следующего определения [4-5].

Пусть  $X$  – множество планов перемещений,  $\langle H_i : X \rightarrow R, i \in I \rangle$  – суть функции выигрыша игроков. Положим  $M_i = \max \{H_i(x) | x \in X\}$ . Тогда компромиссное множество  $C_H$  определяется следующим образом [6]:

$$C_H = \{x \in X : \max_i (M_i - H_i(x)) \leq \max_i (M_i - H_i(x')) \forall x' \in X\}.$$

Алгоритм нахождения компромиссного множества, следует из его определения и состоит из 6 шагов [7].

Шаг 1. Вычислим издержки каждого игрока при реализации каждого из возможных решений.

Шаг 2. Вычислим для каждого игрока выигрыш за вычетом издержек.

Шаг 3. Для каждого игрока найдем его максимальный выигрыш за вычетом издержек:  $M_k = \max H^k(\Sigma_k)$ .

Шаг 4. Найдем для каждого игрока отклонение от максимума для остальных значений функций выигрыша.

Шаг 5. Из найденных отклонений для каждого игрока выбираем максимальное.

Шаг 6. Выберем минимальное из этих максимальных отклонений и перестановку, в которой достигается этот минимум, и является компромиссом для всех игроков.

Приведем полный алгоритм программы решения задачи, который позволяет найти решение поставленной задачи. Алгоритм может быть реализован в виде программы нахождения решения задачи, на одном из

языков программирования. Разрабатываемая программа может состоять из двух математических блоков, которые последовательно разбивают решение конкретной задачи на три этапа. Основным в программе будет первый блок. Он содержит в себе главный алгоритм реализации всевозможных решений, составляя для каждого плана набор выигрышей. В результате его работы будет получена таблица выигрышей для всевозможных перемещений для всех случаев. После этого в работу включается второй блок, который осуществляет по заданной таблице поиск компромиссного решения и выдает номер позиции в таблице. Запуская повторно основной код со значением этого номера, получаем на выходе полное решение поставленной задачи.

Разбивка программы на два блока позволяет значительно сократить дисковое пространство, которое требуется под решение задачи, а также повышается надежность исполнения алгоритма программы за счет возможности дополнительного контроля между промежуточными этапами.

Основными компонентами программы являются файл входных данных; главная программа; таблица, сгенерированная главной программой; анализатор таблицы; результат работы второго этапа, код наилучшего решения; результат работы программы, решение задачи.

Входную информацию для конкретного теста будет содержать файл, в котором задаются все параметры поставленной задачи. Файл является текстовым, сопровождается комментариями, как и код программы.

После отработки первого этапа, генерируется файл, который будет содержать таблицу, сгенерированную главной программой. Результатом второго этапа, а именно этапа анализа таблицы будет являться файл, содержащий наилучшую позицию в таблице или позицию наилучшего решения. На третьем этапе генерируется файл, который содержит решение для теста [8-9].

Рассмотрим динамическую модель распределением трудовых ресурсов. Динамическая модель представляет собой статический вариант транспортной задачи, с учетом изменяющихся условий. Все параметры модели системы зависят от времени [10].

Организуется процесс поставки трудовых ресурсов работодателям. В начальный момент времени определены виды трудовых ресурсов, их количество, затраты на производство. Задача разбита на  $T$  периодов. На первом шаге игроки независимо друг от друга выбирают свои собственные параметры, в соответствии с которыми параметры всей модели меняются. К началу следующего шага, в зависимости от выбранного на предыдущем шаге параметра, изменяются мощности производителей, потребности рынков в трудовых ресурсах, цены, пропускные способности ребер и стоимость перемещения по ним трудовых ресурсов. Таким образом, вся система переходит в новое состояние, в котором игроки снова решают задачу выбора параметров управления. Следовательно, возникает динамическая задача.

Все остальные принципы статистической задачи соблюдаются и в динамической задаче: процедура подсчета выигрышей для игроков, поиск компромисса, перемещение товара. Главные изменения касаются именно того, что работодатели заранее не знают, как игроки (работники) распределяются между ними на каждом конкретном шаге. В свою очередь, поставим перед собой цель поиска компромиссного распределения трудовых ресурсов, оценивая всевозможные распределения. Ведя этот процесс на  $T$  шагов, найдем компромиссную точку для всей динамической задачи с помощью принципа оптимальности и определения компромиссного множества, определяемых основное рекуррентное соотношение.

Остановимся на ряде особенностей изменения программы для случая динамической задачи. Программа изменится незначительно. Многошаговый процесс будет рассматриваться как совокупность  $T$  одношаговых измененной

---

задачи. На каждом шаге будут пересчитываться параметры в исходном файле данных. В зависимости от решения, полученного на предыдущем шаге, будет генерироваться новый файл входных данных для следующего шага.

Для динамической задачи промежуточные файлы и код анализа таблицы остаются такими же. Изменится лишь файл реализации шага динамической задачи. Каждый шаг все также разделен на три этапа, процедура исполнения не меняется. В связи с многошаговостью процесса моделирования, последовательность из трех этапов придется повторять  $T$  раз. Первый и третий этап теперь уже относится к файлу главной программы. Каждый шаг будет сопровождаться файлом результатом работы программы и решения задачи. Совокупность таких решений и будет определять конечное решение поставленной динамической задачи моделирования распределения трудовых ресурсов.

Таким образом, в работе рассматриваются теоретические основы разработки прикладной программы, реализующей два алгоритма построения решения задачи для двух моделей транспортных задач для распределения трудовых ресурсов: статической и динамической. Практическая значимость работы заключается в возможности реализации разработанной прикладной программы для исследования распределения трудовых ресурсов.

### **Литература**

1. Петросян Л.А., Зенкевич Н.А., Семина Е.А. Теория игр: Учеб. пособие для ун-тов. М.: Высш. шк., Книжный дом «Университет», 1998. 304 с.
2. Моделирование, анализ, прогнозирование и управление инвестиционными проектами в социально-экономических системах многоагентного взаимодействия в условиях неполноты информации: Коллективная монография / Под общей редакцией О.А. Малафеева. Ставрополь: ООО ИД «ТЭСЭРА», 2018. 196 с.

3. Малафеев О.А. Управление в конфликтных динамических системах. СПб.: Издательство СПбГУ, 1993. 92 с.

4. Петросян Л.А., Томский Г.В. Динамические игры с полной информацией и их приложения к играм с неполной информацией // Дифференциальные уравнения. 1982. Т. 18. № 4. С. 593.

5. Nino P. Questions of the organizational behavior (ob) and labor efficiency management // Collection of scientific articles «Socio-economic aspects of economics and management». 2015. pp. 317-321.

6. Coleman Ja.S. Matching processes in the labor market // Acta Sociologica. 1991. Т. 34. № 1. pp. 3-12.

7. Зинец Е.А. Метод и средства создания мультиагентной системы управления и контроля за распределением трудовых ресурсов // Научные труды Винницкого национального технического университета. 2009. № 1. С. 9.

8. Брусакова И.А. Имитационное моделирование информационных ресурсов предприятия // Вестник ИНЖЭКОНа. Серия: Технические науки. 2011. № 8. С. 13-16.

9. Маркевич А.В., Сидоренко В.Г. Автоматизация управления распределением трудовых ресурсов с использованием генетического алгоритма // Информатизация образования и науки. 2019. № 3 (43). С. 36-49.

10. Зайцева И.В., Ермакова А.Н., Гайчук Д.В., Резеньков Д.Н., Шлаев Д.В. Исследование математической модели резервирования информационной системы // Инженерный вестник Дона. 2017. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4005.

### References

1. Petrosyan L.A., Zenkevich N.A., Semina E.A. Teoriya igr: [Game theory] Ucheb. posobie dlya un-tov. M.: Vy`ssh. shk., Knizhny`j dom «Universitet», 1998. 304 s.

---



2. Modelirovanie, analiz, prognozirovanie i upravlenie investicionny`mi proektami v social`no-e`konomicheskix sistemax mnogoagentnogo vzaimodejstviya v usloviyax nepolnoty` informacii: Kollektivnaya monografiya [Modeling, analysis, forecasting and management of investment projects in socio-economic systems of multi-agent interaction in terms of incomplete information: collective monograph] Pod obshhej redakciej O.A. Malafeeva. Stavropol`: OOO ID «TE`SE`RA», 2018. 196 p.

3. Malafeev O.A. Upravlenie v konfliktny`x dinamicheskix sistemax [Management in conflict dynamic systems] SPb.: SPbGU, 1993. – 92 p.

4. Petrosyan L.A., Tomskij G.V. Differencial`ny`e uravneniya. 1982. T. 18. № 4. p. 593.

5. Nino P. Questions of the organizational behavior (ob) and labor efficiency management // Collection of scientific articles «Socio-economic aspectsof economics and management». 2015. pp. 317-321.

6. Coleman Ja.S. Matching processes in the labor market //Acta Sociologica. 1991. T. 34. № 1. pp. 3-12.

7. Zinecz E.A. Nauchny`e trudy` Vinniczкого nacional`nogo texnicheskogo universiteta. 2009. № 1. p. 9.

8. Brusakova I.A. Vestnik INZhE`KONa. Seriya: Texnicheskie nauki. 2011. № 8. pp. 13-16.

9. Markevich A.V., Sidorenko V.G. Informatizaciya obrazovaniya i nauki. 2019. № 3 (43). pp. 36-49.

10. Zajceva I.V., Ermakova A.N., Gajchuk D.V., Rezen`kov D.N., Shlaev D.V. Inzhenerny`j vestnik Dona. 2017, №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4005/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4005/).