

## ЭКОНОМИКА

*Золотарюк Анатолий Васильевич*

канд. техн. наук, доцент, профессор

ФГОБУ ВПО «Финансовый университет  
при Правительстве Российской Федерации»

г. Москва

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПЕРЕВОЗОК

*Аннотация:* в данной статье анализируются процессы транспортных перевозок и факторы, снижающие их эффективность. Формулируется математическая постановка транспортной многокритериальной оптимизационной задачи, и рассматриваются пути ее решения на основе парето-оптимальных методов либо с помощью интеллектуального нейросетевого прогнозирования. Отмечаются направления и возможности использования результатов оптимизационной задачи транспортными компаниями и в учебном процессе вузов.

*Ключевые слова:* транспортные перевозки, многокритериальная транспортная задача, методы решения многокритериальных задач, парето-оптимальные методы, нейросетевое прогнозирование, проблемы образовательного процесса, формирование инновационных компетенций, эффективность транспортных услуг.

В условиях дальнейшей глобализации и транснациональной конвергенции экономики значение транспорта как «кровеносной системы» хозяйствования и стратегической безопасности государства неизменно возрастает. Обеспечивая материально-производственные, внутри- и межотраслевые связи, поддерживая перераспределение производительных сил и являясь базовым, связующим звеном производственных отношений, транспорт создает необходимые условия для роста экономики и развития удаленных, труднодоступных регионов, укрепления обороноспособности, мобильности и мощи вооруженных сил, способствует

научно-техническому и культурному обмену, взаимообогащению международных и межгосударственных связей, творческому развитию личности в ее стремлении познания окружающего мира и нового, еще неизведанного.

Роль транспортных перевозок становится настолько огромной, что их развитию уделяется приоритетное значение. Расширяются транспортные сети, совершенствуется их структура и пропускная способность. Модернизируются дороги, населенные пункты связывают новые виды транспорта. Вводятся в эксплуатацию новые транспортные средства – более мощные, скоростные, с повышенной грузоподъемностью и проходимостью. Автоматизируются процессы погрузки–разгрузки товаров, совершенствуется логистика транспортных перевозок.

Тем не менее, система транспортных перевозок по-прежнему далека от совершенства. Значительными являются транспортные издержки. Как никогда, что связано с интенсивностью и объемом транспортных потоков, актуальны проблемы транспортной логистики, оптимизации расходов на перевозку пассажиров, сырья, топливно-энергетических ресурсов, материально-технических средств, промышленных и продовольственных товаров.

Нестабильность рынка, развитость и состояние транспортной сети, наличие выбора транспортных средств для осуществления пассажирских и грузоперевозок, сезонные или иные изменения потребностей контрагентов в тех или иных ресурсах, воздействие конкурентов и другие факторы вынуждают транспортные компании осуществлять перевозки иногда в ущерб эффективности, – как собственной, так и заказчиков транспортных услуг. И то, и другое, как правило, всегда приводит к увеличению расходов конечного потребителя.

Необходимы решения транспортных задач для осуществления перевозок с минимальными издержками и с большим экономическим эффектом – для увеличения прибыли транспортных предприятий и снижения финансового бремени для заказчиков транспортных услуг.

Для перевозки товаров часто используется не наиболее подходящий транспорт, что может в ряде случаев приводить к неполной загрузке транспортного средства, продолжительным остановкам в пути, необходимости дозагрузки товара в промежуточных пунктах следования к контрагенту. Не всегда перевозки осуществляются оптимальным путем – наиболее коротким (по расстоянию или времени доставки, в зависимости от приоритетности) или менее затратным (с учетом прямых и косвенных расходов, сопутствующих процессам перевозки). В результате все стороны подвергаются рискам.

Для транспортных компаний:

- повышается себестоимость перевозки грузов;
- увеличиваются накладные расходы;
- снижается рыночная конкурентоспособность.

Для контрагентов – приобретателей грузов:

- увеличивается время доставки товара, что в некоторых случаях может сказаться на его качестве;
- повышается стоимость доставки, что влечет за собой снижение прибыли или повышение отпускных цен на конечную продукцию.

В проигрыше, как уже утверждалось, остаются и рядовые потребители.

Учитывая сказанное, была сформулирована исследовательская задача многокритериальной оптимизации транспортных перевозок из исходного пункта в пункт назначения.

Пусть транспортная сеть из исходного пункта  $S_0$  в пункт назначения  $S_k$  проходит через несколько промежуточных пунктов  $S_i$ , представляя собой множество связанных узлов  $S_i \in \vec{S} (i = \overline{0, k})$ .

Пусть из каждого  $i$ -го пункта в пункт  $(i+1) \leq k$  имеется  $M_i$  вариантов передвижения  $g_{ij} (i = \overline{0, k-1}; j = \overline{1, M_i})$ , включающих как множество различных дорог, так и перевозку грузов разными транспортными средствами. Следовательно, каждый из вариантов передвижения  $g_{ij}$  между соседними пунктами характеризуется рядом факторов:

- временем перевозки груза из  $i$ -го пункта в  $(i+1)$ -й пункт  $t_{ij} (j = \overline{1, M_i})$ ;
- себестоимостью перевозки единицы груза (*кг, л, шт., чел.*) из  $i$ -го пункта в  $(i+1)$ -й пункт  $c_{ij} (j = \overline{1, M_i})$ ;
- объемом (общим количеством) перемещаемого груза (*кг, л, шт.*) из  $i$ -го пункта в  $(i+1)$ -й пункт  $v_{ij} (j = \overline{1, M_i})$ .

С учетом сказанного, транспортная сеть между пунктами  $S_0$  и  $S_k$  имеет вид, представленный на рис. 1.

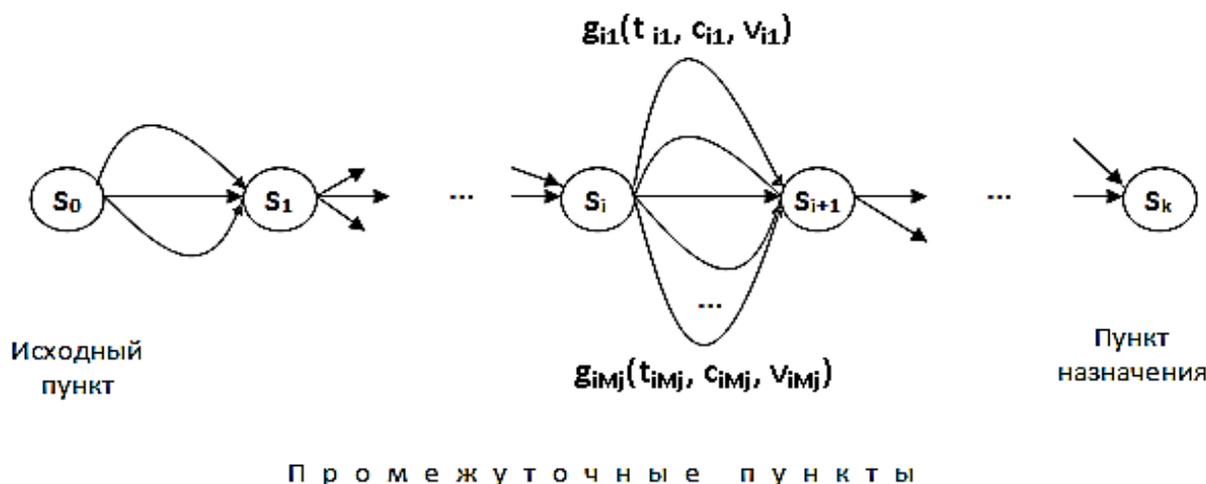


Рис. 1. Общий вид транспортной сети при доставке грузов получателям

Сформулируем математическую постановку задачи на многокритериальную оптимизацию транспортных перевозок.

Найти оптимальные параметры транспортной сети

$$G_{(k+1)}^* = \|g_{0j}^*, g_{1j}^*, \dots, g_{ij}^*, \dots, g_{kj}^*\|^T; \quad i = \overline{0, k}; \quad j = \overline{1, M_i}; \quad (1)$$

исходя из условий:

– минимума времени нахождения в пути из исходного в конечный пункт назначения  $T_{пут}$ :

$$\min T_{пут} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{M_i} t_{ij} \cdot g_{ij} \rightarrow \min \quad (2)$$

– минимума общей себестоимости перевозки единицы груза  $C_{ед}$ :

$$\min C_{ед} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{M_i} c_{ij} \cdot g_{ij} \rightarrow \min \quad (3)$$

– максимума общего количества (объема) перемещенных грузов  $V_{тр}$ :

$$\max V_{\text{тр}} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{M_i} v_{ij} \cdot g_{ij} \rightarrow \max \quad (4)$$

при ограничениях:

$$1. \quad t_{ij} \geq \delta t_{i \min} > 0; \quad i = \overline{1, k}; \quad j = \overline{1, M_i}; \quad (5)$$

$$2. \quad c_{ij} \geq \delta c_{i \min} > 0; \quad i = \overline{1, k}; \quad j = \overline{1, M_i}; \quad (6)$$

$$3. \quad V_{\text{пор}} \geq v_{ij} \geq \delta v_{i \min} > 0; \quad i = \overline{1, k}; \quad j = \overline{1, M_i}; \quad (7)$$

$$4. \quad T_{\text{пуг}} \leq T_{\text{пор}}; \quad C_{\text{ед}} \leq C_{\text{пор}}; \quad V_{\text{тр}} \geq V_{\text{пор}}; \quad (8)$$

где:

$T_{\text{пор}}$  – максимально допустимое время перевозки, при превышении которого ценность перевозки существенно снижается, вплоть до нуля;

$C_{\text{пор}}$  – максимально допустимая себестоимость перевозки единицы груза (пассажира), при превышении которой перевозки становятся нерентабельными, убыточными;

$V_{\text{пор}}$  – минимально допустимое значение перевезенных грузов (пассажиров).

Решение оптимизационной задачи (1) – (8) может быть найдено с использованием методов Парето [11]. Необходимо установить приоритетность критериев и найти оптимальное значение по первому критерию, сведя значения других к пороговым величинам, заданным в (8). Затем, используя метод уступок по найденному критерию, последовательно найти парето-оптимальные параметры для остальных критериев. На полученной парето-оптимальной кривой (плоскости), построенной, например, с использованием пакета MS Excel [1, 3], будут находиться оптимальные значения транспортной сети.

Еще один интересный вариант решения может быть применен с использованием интеллектуальных методов нейросетевого прогнозирования, используемый ранее автором при исследовании многокритериальных задач зависимости вузовской успеваемости от довузовских факторов [5]. Решение будет найдено вероятностное, но вполне приемлемое для использования.

Решение задачи (1)–(8) имеет важное практическое значение. При включении транспортных компаний (и их транспортных средств) в контур вычислительной сети с использованием облачных технологий [6, 7, 10], можно обеспечить оперативный, автоматический сбор исходных данных для решения транспортной оптимизационной задачи в реальном масштабе времени. Это позволило бы оптимизировать процесс перевозки, снизить транспортные расходы и повысить конкурентоспособность на рынке транспортных услуг. Актуальным является использование подобных задач и в учебных планах вузов – для разрешения проблем образовательного процесса и формирования у студентов компетенций поиска оптимальных результатов в реальных, многокритериальных жизненных ситуациях [2, 4, 8, 9].

### *Список литературы*

1. Гобарева Я.Л., Городецкая О.Ю., Золотарюк А.В. Бизнес-аналитика средствами Excel: Учеб. пособие. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Вузовский учебник. – Инфра–М, 2015. – 336 с.
2. Гобарева Я.Л., Городецкая О.Ю., Золотарюк А.В. Инновационные Интернет-технологии в образовательном процессе кафедры // II Всероссийская научно-практическая конференция «Информационные технологии в образовании XXI века (ИТО-XXI)»: Сборник научных трудов. Т.2.. – М.: НИЯУ МИФИ, 2012. – С. 235–238.
3. Гобарева Я.Л., Городецкая О.Ю., Золотарюк А.В. Технология экономических расчетов средствами MS Excel: Учеб. пособие. – М.: КноРус, 2006. – 344 с.
4. Гобарева Я.Л., Золотарюк А.В., Кочанова Е.Р. Проблемы образовательного процесса и их решение с применением облачных технологий. // Новые информационные технологии в образовании: Сборник научных трудов пятнадцатой международной научно-практической конференции «Применение технологий «1С» для формирования инновационной среды образования и бизнеса» 3–4 февраля 2015 г. /Под ред. Чистова Д.В. Ч. 1. – М.: ООО «1С-Публишинг», 2015. – С. 210–213.

5. Золотарюк А.В., Садовникова Н.О., Черных Н.А. Прогнозирование результатов вузовской успеваемости абитуриентов // Новые информационные технологии в образовании. Сборник научных трудов тринадцатой международной научно-практической конференции «Технологии «1С» для эффективного обучения и подготовки кадров в целях повышения производительности труда» 29–30 января 2013 г. Ч. 2. / Под общ. ред. проф. Чистова Д.В. – М.: 1С-Паблишинг, 2013. – С. 75–80.

6. Золотарюк А.В. Облачные сервисы как средство повышения результативности самостоятельной работы студентов // Новые информационные технологии в образовании: Сборник научных трудов четырнадцатой международной научно-практической конференции «Применение технологий «1С» для повышения эффективности деятельности организаций образования» 28–29 января 2014 г. Ч. 1. М.: ООО «1С-Паблишинг», 2014. – С. 494–497.

7. Золотарюк А.В. Облачные технологии как фактор разрешения проблем глобализации образования // Инновационные технологии в финансово-экономической сфере: прошлое, настоящее, будущее: Материалы международной научной конференции / Под ред. О.В. Голосова, Д.В. Чистова. – М.: ООО «1С-Паблишинг», 2013. – С. 68–73.

8. Золотарюк А.В. Проблемы образовательного процесса и их разрешение // Новые информационные технологии в образовании (НИТО-Байкал): Материалы международной научно-практической конференции 12–14 июля 2010 г. – Улан-Удэ: Изд-во БГСА, 2010. – С. 58–59.

9. Золотарюк А.В., Фомичева Т.Л., Кижнер А.И. Модели взаимодействия преподавателей и студентов при реализации различных форм учебной деятельности // Известия Института инженерной физики, 2014. – №4 (34). С. 47–50.

10. Золотарюк А.В., Фомичева Т.Л., Кижнер А.И. Роль облачных сервисов в формировании профессиональных информационно-технологических компетенций студентов // Известия Института инженерной физики, 2015. – №2 (36). – С. 96–100.

11. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. – М.: Наука, 1982. – 256 с.