

УДК 681.3

А.А. Плотников

## МНОГОЦЕЛЕВЫЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ О ВЫБОРЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

*Воронежский институт высоких технологий*

*Рассматривается решение задачи выбора транспортных средств и распределения транспортных средств как многоцелевой задачи. Предложены методы устранения проблемы многоальтернативности формируемых решений и подходы к поиску решения многоцелевых транспортных оптимизационных задач. Сформирована обобщенная математическая модель выбора и ее декомпозиция на статическую и динамическую оптимизационные модели – выбора, распределения и взаимодействия автотранспортных средств для синтезируемой системы. Сформированы условия существования согласованных решений. Показано, что от субъективных качеств лица, принимающего решение, осуществляющего поиск, зависит эффективность использования применяемого способа к решению задачи.*

**Ключевые слова:** многоцелевая транспортная задача, векторная оптимизация, парето-оптимальное решение, ресурсная задача, динамическое моделирование.

Задачи, связанные с повышением эффективности систем управления автотранспортным предприятием (АТП), должны решаться с применением новых информационных технологий (ИТ) на основе автоматизации всех звеньев анализируемого производственного процесса. Определяющими факторами повышения эффективности работы, при этом, является применение современных методов управления, использование инновационных технологических приемов работы, внедрение высокопроизводительной техники, современных информационных технологий, автоматизация технологических участков, полный учет имеющихся требований со стороны потребителей и многое другое [1-3].

Выбор и распределение автотранспортных средств, при этом, преследует целый спектр различных целей. Такие многоцелевые задачи в реализации достаточно сложны. Следует отметить, что, возникающие трудности, в первую очередь, определяются не столько количеством поставленных целей, сколько отдельными особенностями формулировки каждой из них. Возникающий вопрос состоит в том, что в математике не существует строгая формализация понятия «цель», поэтому лицо принимающее решение (ЛПР) в многоцелевых задачах может формулировать цели в достаточно свободной форме. Это обстоятельство не дает возможности ЛПР «в чистом виде» решать задачи многоцелевой оптимизации, так как ему бывает порой достаточно сложно формировать множество вариантов решения конфликтующих между собой из-за отсутствия возможности для различных целей соизмерения степени их достижения. Как правило, такие задачи сводятся к задачам векторной оптимизации. Для описания одной цели часто применяют несколько

различных критериев оценки эффективности системы. В этом случае между ними и поставленной целью наблюдается достаточно сложное взаимодействие [4-6].

Рассмотри варианты решения многоцелевых оптимизационных транспортных задач (ТЗ) и на методах, направленных на преодоление проблемы многоальтернативности формируемых решений. Следует отметить, что на любом этапе жизненного цикла создания и развития технического отдела на автотранспортном предприятии появляются такие задачи, как планирование, функционирование, управление и др.

При формировании обобщенной математической модели выбора будем использовать модель:

$$\Phi: f_k(d) \leq 0, \quad k = \overline{1, K}, \quad d = \|\|d_{ij}\|\| (i = \overline{1, n}, \overline{1, m}). \quad (1)$$

где  $Opt$  – оператор векторной оптимизации;  $\Phi$  – область допустимых решений;  $q_\mu$  ( $\mu = \overline{1, s}$ ) – вектор ресурсного распределения;  $d$  – множество решений;  $Q(d)$  – вектор частных критериев качества.

Обозначим через  $d' \in \Phi$  парето-оптимальное решение. Набор всех эффективных решений  $d'$  составляет множество Парето, являющееся формальным решением поставленной задачи. Однако, для выбора одного, наилучшего решения  $d''$ , необходима дополнительная информация, которая имеется в распоряжении ЛПР.

Следуя и вышесказанного, также, как и для любой задачи векторной оптимизации, процесс решения многокритериальной транспортной задачи, можно условно разделить на два этапа: 1) построение Парето-оптимального множества, 2) выбор из множества Парето наилучшего варианта [7].

В описанной модели (1) не было учтено то обстоятельство, что в рамках общего вычислительного процесса ЛПР может выполнять также и анализ функционирования системы. Такие вопросы на сегодняшний день полностью выпадают из сферы действия ЛПР.

Это обстоятельство явилось толчком для выделения двух иерархических уровней обеспечения жизненного цикла ТО. Первый уровень включает необходимость реализации выбора и распределения для синтезируемой системы АТС [8]. Второй уровень включает анализ взаимодействия отдельных АТС.

Для того, чтобы ЛПР имел возможность оптимизации качества предварительного выбора и распределения по ТО АТП отдельных АТС, с точки зрения динамики функционирования объекта (ситуационного управления, выбора в условиях замещения АТС и др.), описанные особенности проведения выбора и распределения по ТО АТС формируют

и круг существующих проблем, которые должны комплексно решаться в рамках общей оптимизационной модели.

Следует отметить, что, в случае, когда на этапе формирования системы перевозок, в решении транспортной задачи варьируемые параметры — это элементы матрицы  $d$ , ЛПР на этапе функционирования АТС проводя анализ, дополнительно вводит новые варьируемые параметры  $z = (z_1, \dots, z_\mu)$ , с помощью которых появляется возможность получения оценки качества при распределении АТС по ТО. Все это обусловлено тем, что ЛПР на этапе формирования системы перевозок, не может использовать «в чистом виде» динамические характеристики АТС, из-за того, что ему для этого потребуется осуществить анализ функционирования объекта [9-10].

С учетом этого, вместо модели (1), после проведения соответствующей декомпозиции, предлагается построение двух частных моделей, которые условно будем называть статической и динамической. На основе данных моделей осуществляется формирование множества допустимых решений для общей транспортной задачи. В соответствии с рассматриваемым подходом, на этапе формирования системы перевозок модель является «вложенной» в модель на этапе функционирования АТП. Другими словами, динамические состояния для системы перевозок формируются на основе статических ее состояний, которые получены ранее. Из общего множества ограничений  $F = \{f_1, \dots, f_k\}$ , которые применяются при выборе и распределении АТС, с целью реализации данной особенности выделяются ограничения, зависящие только от  $d, F^c = \{f^c | f^c(d), d \in \Phi\}$  и ограничения, зависящие как от  $d$ , так и от  $z, F^d = \{f^d | f^d(d, z), d, z \in \Phi\}$ . Тогда  $F = F^c \cup F^d, F^c \cap F^d = \emptyset$ . Такие же действия необходимо выполнить и для всего набора критериев оптимизации общей ТЗ:

$\{q\} = \{q^c\} \cup \{q^d\}; \{q^c\} = \{q^c | q^c(d), d \in \Phi\}, \{q^d\} = \{q^d | q^d(d, z), d, z \in \Phi\}$ .  
 где  $q$  – критерий ресурсного распределения.

Данная декомпозиция выполняется ЛПР условно, определяется субъективным характером процесса формализации задачи. Следует отметить, что из множества  $\Phi$  в любой момент могут быть выделены следующие подобласти  $\Phi^c: f_{k_1}^c(d) \leq 0, k_1 = \overline{1, K_1}$  (где  $K_1$  – количество ограничений в множестве  $F^c$  и  $\Phi^d: f_{k_2}^d(d, z) \leq 0, k_2 = \overline{1, K_2}$  (где  $K_2$  – количество ограничений в множестве  $F^d$ ),  $\Phi = \Phi^c \cup \Phi^d$ , и  $\Phi^c \cap \Phi^d = \emptyset$ .

В итоге, математическая модель для обобщенной транспортной задачи, которая включает две частные модели, обеспечивающие жизненный цикл ТО, будет выглядеть следующим образом:

$$\bar{q} = [\bar{q}^c(d), \bar{q}^d(d, z)] \xrightarrow{d, z \in \Phi} Opt,$$

$$\begin{aligned}
 & \Phi = \Phi^c \cup \Phi^d, \text{ и } \Phi^c \cap \Phi^d = \emptyset; \\
 & \bar{q}^c(d) = [\bar{q}_1^c(d), \dots, \bar{q}_{s_1}^c(d)] \xrightarrow{d \in \Phi^c} Opt, \quad (2) \\
 & \Phi^c: f_{k_1}^c(d) \leq 0, f_{k_1}^c(d) \in F^c, k_1 = \overline{1, K_1}, \Phi^c = \bigcup_{k_1=1}^{K_1} \Phi_{k_1}^c; \bigcap_{k_1=1}^{K_1} \Phi_{k_1}^c \neq \emptyset; \\
 & \bar{q}^d(d, z) = [\bar{q}_1^d(d, z), \dots, \bar{q}_{s_2}^d(d, z)] \xrightarrow{z \in \Phi^d} Opt, \\
 & \Phi^d: f_{k_2}^d(d, z) \leq 0, f_{k_2}^d(d, z) \in F^d, k_2 = \overline{1, K_2}, \quad (3) \\
 & d = const, d \in \Phi^c; \Phi^d = \bigcup_{k_2=1}^{K_2} \Phi_{k_2}^d; \bigcap_{k_2=1}^{K_2} \Phi_{k_2}^d \neq \emptyset.
 \end{aligned}$$

Индексы «с» и «д» говорят о принадлежности индексируемого параметра к оптимизационной модели соответствующего уровня.

В описанной постановке модель (2) соответствует выполнению первого этапа общего вычислительного процесса (синтезу), а модель (3) – второму этапу (или анализу). Отсюда следует, что формальные постановки задач оптимизации при данном уровне детализации частных задач, мало отличаются. Основное различие моделей заключается в особенностях формирования на этапе синтеза и  $\{d = const, z\}$  на этапе анализа соответствующих им множеств решений  $\{d\}$ . Последовательно решая указанные частные задачи приходим к построению множества решений  $\{d, z\} = \{d\} \cup \{d = const, z\}$ , в котором каждый элемент учитывает, как статические, так и динамические стороны выбора и распределения, на соответствующих этапах, АТС по ТО. Далее оптимизация может заключаться в формировании множества Парето  $\{d, z\}' \subset \{d, z\}$ .

Характерно, что при реализации моделей (2) и (3), на первых этапах проведения ресурсного процесса, зачастую появляются ситуации, при которых  $\Phi^c = \emptyset$  или  $\Phi^d = \emptyset$ , из-за чего ЛПР не может сформировать множество  $\{d, z\}$ . Данное обстоятельство появляется, как правило, в ситуациях, при которых ограничения на выделенных уровнях формализуются независимо несколькими ЛПР сразу, при этом их интересы друг другу. В таких задачах базовая проблема заключается в выделении подмножеств  $\Phi^c$  и  $\Phi^d$ , а применяемые в этом случае решения называются согласованными решениями, и позволяют учесть интересы всех сторон.

При возникновении трудностей, которые могут быть связаны с формированием практических задач (наличие на этапе анализа ресурсного конфликта между АТС, выбор на этапе синтеза АТС в условиях их замещения), в общем виде невозможно дать описание процедурам формирования согласованных решений. В этом случае следует ограничиться только описанием условий существования подобных решений:

$$\bigcup_{k_1=1}^{K_1} \Phi_{k_1}^- \neq 0 \text{ и } \bigcap_{k_2=1}^{K_2} \Phi_{k_2}^D \neq 0, \text{ где } \Phi_{k_1}^- \text{ и } \Phi_{k_2}^D$$

– выделенные области. В случае невыполнения этих условий ЛПР должен выполнить определенные процедуры, направленные на целенаправленное изменение области  $\Phi$ , которая формируется ограничениями задачи.

На основе предложенного подхода к формализации модели выбора и распределения по ТО АТП различных АТС, появляется возможность укрупненного определения последовательности ее реализации. Необходимо, чтобы данная последовательность включала следующие три базовых уровня: решение транспортной задачи на этапе синтеза системы перевозок, осуществление решения ТЗ на этапе реализации ТО, получение итогового согласованного решения для обобщенной ресурсной задачи в условиях замещения, векторной оценки и конфликта стратегий, целей и ресурсов. Третий этап необходим, чтобы ЛПР имел возможность накапливать все результаты решения частных задач, которые были получены ранее, и, соответственно, мог формировать обобщенное множество решений.

Так как в обобщенное модели должна предусматриваться возможность возврата к более раннему этапу процесса решения, их взаимодействие может быть отражено в виде следующей схемы (Рисунок 1).

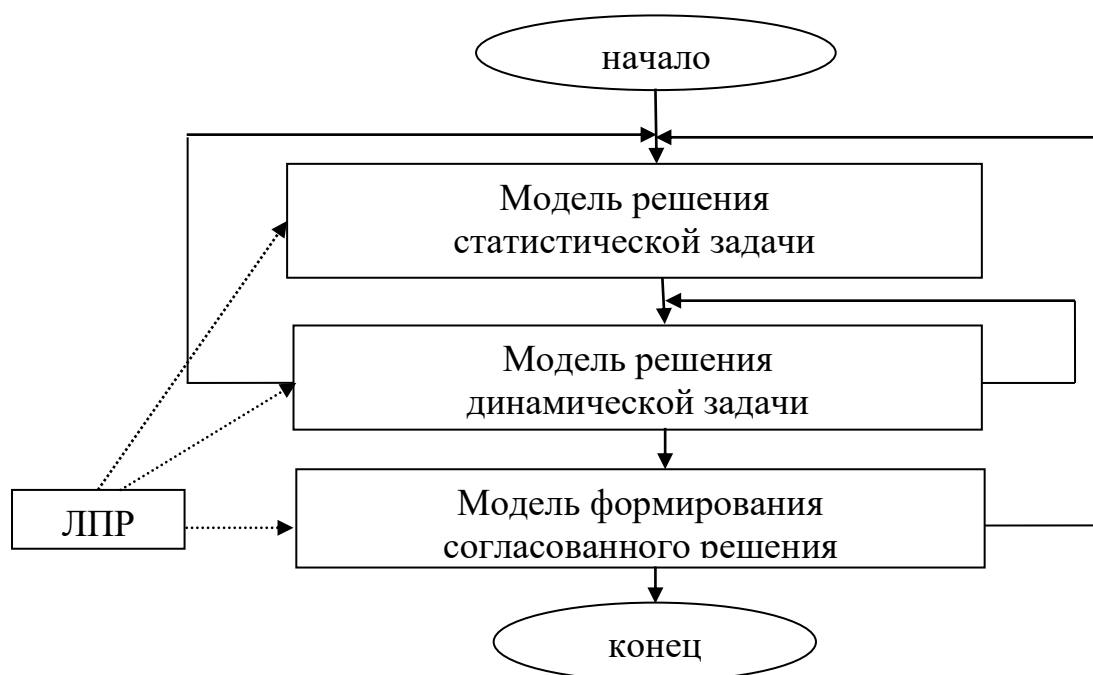


Рисунок 1. Укрупненная схема решения общей транспортной задачи (ТЗ)

В пределах общего цикла взаимодействие динамической и статической моделей (2, 3) может проводиться разными способами, и во многом зависит от размерности и специфики рассматриваемых задач, степени их формализации, а также от ряда других факторов. Следует учитывать, что эффективность реализации применяемого способа решения задачи [11, 12] во многом определяется субъективными качествами ЛПР, проводящего подобный поиск.

Как правило, обосновать полученные результаты ЛПР бывает очень сложно, так как часто достаточно трудно оценить, насколько еще может быть еще улучшено качество функционирования системы.

Следует отметить, что рассмотрение предложенного подхода к решению транспортной задачи проводится в соответствии с классификацией ТО по виду (дискретные, непрерывные или их комбинация). Данное обстоятельство является оправданным, так как именно от вида ТО АТП во многом зависят условия и специфика поиска оптимального решения сформулированной задачи [13].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Самойлова У.А. О некоторых характеристиках управления предприятием / У.А.Самойлова // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 176-179.
2. Преображенский А.П. Применение статистических методов при управлении предприятием / А.П.Преображенский, О.Н. Чопоров // Наука Красноярья. 2017. Т. 6. № 1-2. С. 273-278.
3. Черников С.Ю. Использование системного анализа при управлении организациями / С.Ю. Черников, Р.В. Корольков // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2014. № 2 (5). С. 16.
4. Гостева Н.Н. О возможности увеличения эффективности производства / Н.Н. Гостева, А.В. Гусев // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 1(20). С. 76-78.
5. Комаристый Д.П. Использование информационных систем на предприятиях / Д.П. Комаристый, А.М. Агафонов, А.П. Степанчук, П.С.Коркин // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 2(21). С. 104-106.
6. Комаристый Д.П. Задачи, связанные с управлением производительностью труда / Д.П. Комаристый, А.М. Агафонов, А.П. Степанчук, П.С. Коркин // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 2(21). С. 199-201.
7. Львович Я.Е. Многоальтернативная оптимизация: теория и приложения / Я. Е. Львович // Воронеж, Издательство: Издательство "Кварта" (Воронеж), 2006, 415 с.

8. Кравцов Д.О. Методика оптимального управления социально-экономической системой на основе механизмов адаптации / Д.О.Кравцов, Ю.П.Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 133-134.
9. Бессонова А.А. Управление социально-экономическими системами в условиях модернизации / А.А.Бессонова, В.В.Дубинин, И.Я.Львович, Ж.И.Лялина, А.П.Преображенский, Е.Д.Рубинштейн, М.А.Салтыков, В.Н.Филипова, И.В.Филиппова / коллективная монография / Саратов, 2013, Издательство: ЦПМ "Академия Бизнеса" (Саратов), 110 с.
- 10.Корольков Р.В. Об управлении финансами в организации / Р.В.Корольков // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 11. С. 144-147.
- 11.Гостева Н.Н. Информационные системы в управлении производством / Н.Н.Гостева, А.В.Гусев // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 1(20). С. 58-60.
- 12.Корольков Р.В. Контролинг в торговой организации / Р.В.Корольков // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 287-290.
- 13.Choporov O.N. The analysis of possibilities of placing of objects in warehouses / O.N.Choporov, A.P.Preobrazhensky // В сборнике: Modern informatization problems in the technological and telecommunication systems analysis and synthesis Proceedings of the XXI-th International Open Science Conference. 2016. С. 307-311.

A. A. Plotnikov

## **MULTI-PURPOSE MODELS AND METHODS IN THE DECISION- MAKING OF THE SELECTION OF VEHICLES**

*Voronezh Institute of high technologies*

*The paper discusses the solution of the problem of selection and allocation of vehicles as a multi-purpose tasks. The approaches are proposed to multi-purpose optimization of transport tasks, as well as methods for overcoming problems of multi-alternativeness of the solutions being generated. The general mathematical model is formed of choice and its decomposition into static and dynamic optimization models – choice and allocation of vehicles for the synthesized systems and their interactions. The conditions are formed of existence of coherent solutions. It is shown that the efficiency of the applied method to the solution of the problem depends on the subjective qualities of decision-makers who are searching.*

**Keywords:** multi-purpose transportation problem, vector optimization, Pareto-optimal solution of the resource problem, the dynamic modeling.

## REFERENCES

1. Samoylova U.A. O nekotorykh kharakteristikakh upravleniya predpriyatiem / U.A.Samoylova // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy. 2014. No. 12. pp.176-179.
2. Preobrazhenskiy A.P. Primenenie statisticheskikh metodov pri upravlenii predpriyatiem / A.P.Preobrazhenskiy, O.N. Choporov // Nauka Krasnoyar'ya. 2017. Vol. 6. No. 1-2. pp.273-278.
3. Chernikov S.Yu. Ispol'zovanie sistemnogo analiza pri upravlenii organizatsiyami / S.Yu. Chernikov, R.V. Korol'kov // Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii. 2014. No. 2 (5). pp.16.
4. Gosteva N.N. O vozmozhnosti uvelicheniya effektivnosti proizvodstva / N.N. Gosteva, A.V. Gusev // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy. 2017. No. 1(20). pp.76-78.
5. Komaristyy D.P. Ispol'zovanie informatsionnykh sistem na predpriyatiyakh / D.P. Komaristyy, A.M. Agafonov, A.P. Stepanchuk, P.S.Korkin // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy. 2017. No. 2(21). pp.104-106.
6. Komaristyy D.P. Zadachi, svyazannye s upravleniem proizvoditel'nost'yu truda / D.P. Komaristyy, A.M. Agafonov, A.P. Stepanchuk, P.S.Korkin // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy. 2017. No. 2(21). pp.199-201.
7. L'vovich Ya.E. Mnogoal'ternativnaya optimizatsiya: teoriya i prilozheniya / Ya. E. L'vovich // Voronezh, Izdatel'stvo: Izdatel'stvo "Kvarta" (Voronezh), 2006, 415 p.
8. Kravtsov D.O. Metodika optimal'nogo upravleniya sotsial'no-ekonomicheskoy sistemoy na osnove mekhanizmov adaptatsii / D.O.Kravtsov, Yu.P.Preobrazhenskiy // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy. 2008. No. 3. pp.133-134.
9. Bessonova A.A. Upravlenie sotsial'no-ekonomicheskimi sistemami v usloviyakh modernizatsii / A.A.Bessonova, V.V.Dubinin, I.Ya.L'vovich, Zh.I.Lyalina, A.P.Preobrazhenskiy, E.D.Rubinshteyn, M.A.Saltykov, V.N.Filipova, I.V.Filippova / kollektivnaya monografiya / Saratov, 2013, Izdatel'stvo: TsPM "Akademiya Biznesa" (Saratov), 110 p.
10. Korol'kov R.V. Ob upravlenii finansami v organizatsii / R.V.Korol'kov // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy. 2013. No. 11. pp.144-147.
11. Gosteva N.N. Informatsionnye sistemy v upravlenii proizvodstvom / N.N.Gosteva, A.V.Gusev // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy. 2017. No. 1(20). pp.58-60.



12. Korol'kov R.V. Kontrolling v trgovoy organizatsii / R.V.Korol'kov // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy. 2013. No. 10. pp.287-290.
13. Choporov O.N. The analysis of possibilities of placing of objects in warehouses / O.N.Choporov, A.P.Preobrazhensky // V sbornike: Modern informatization problems in the technological and telecommunication systems analysis and synthesis Proceedings of the XXI-th International Open Science Conference. 2016. pp. 307-311.