УДК 519.95 А.И. Лысенко, М. О. Шенгелия

Модель дивизиональной организации управления ресурсами городской автотранспортной системы пассажирских перевозок

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт»

Рассматривается задача моделирования распределения финансовых средств автотранспортной системы городских пассажироперевозок с дивизиональной организацией управления ресурсами, при которой все участники исследуемых процессов наделены функцией принятия решений. Механизм управления моделируется иерархической игрой с фиксированной последовательностью ходов, где исследование операций ведется с позиций локальных интересов функциональных центров логической деятельности, которым предоставлено право самостоятельно определять необходимые объемы капитальных вложений, в то время как центр финансирования обеспечивает требуемые затраты оборотных средств.
Ключевые слова: автотранспортная система, городские пассажироперевозки, логистическая деятельность, дивизиональная организационная структура, управление ресурсами, иерархическая игра, исследование операций, параметрическая оптимизация, бескоалиционная игра, равновесие Нэша, нелинейное программирование.

Введение

Рыночная экономика характеризуется множеством труднопрогнозируемых и трудноучитываемых факторов, в связи с чем возникает проблема эффективности принятия управленческих решений в условиях неполной информированности.

Одним из путей уменьшения информационной неопределенности при принятии решений является децентрализация управления, в силу того, что непосредственные исполнители всегда больше осведомлены о своих потребностях и возможностях, чем их непосредственные начальники и тем более, чем начальники начальников.

В качестве инструмента децентрализации управления предлагается использовать дивизиональную организационную структуру [1], в которой функцией принятия решений наделены все участники исследуемых процессов (как управляющие, так и функциональные центры). При этом на первый план выдвигается задача согласования общей цели управления с интересами отдельных функциональных исполнителей.

Целью данной статьи является разработка формализованной модели согласованного управления ресурсами городской системы автотранспорта при дивизиональной организации пассажироперевозок.

Основная часть

Пассажирский автотранспорт городских перевозок рассматривается как двухуровневая иерархическая система с дивизиональной организацией управления, состоящая из центра финансирования и функциональных центров логистической деятельности, которые, располагая парками автотранспортных средств различной вместимости, выполняют запланированные объемы пассажироперевозок.

Центрам логистической деятельности предоставлено право самостоятельно определять необходимые объемы капитальных вложений в собственный основные фонды, а финансирующий центр определяет закон своего управления в виде зависимости распределения оборотных средств от выбранного функциональными центрами дележа финансовых средств. Следовательно, каждый центр логистической деятельности, выбирая тем или иным способом объем собственных капиталовложений может влиять на величину получаемых оборотных средств лишь частично. При этом каждый центр логистической деятельности стремится увеличить объем выполняемых пассажироперевозок, а цель финансирующего центра максимизировать общую эффективность функционирования всего пассажирского автотранспорта в целом. Возникает вопрос, как отдельный участник транспортных операций (центр логистической деятельности) может реализовать свою локальную цель – максимизировать результат своего функционирования, который зависит как от выбранных объемов капиталовложений, так и от величины получаемых оборотных средств.

Другими словами исследуется ситуация, в которой каждый участник операции (i-й центр логистической деятельности) с одной стороны объективно способствует достижению общей цели управления, а с другой – оказывается в конфликте, стремясь увеличить объем получаемых финансовых средств с целью максимизации результата своего функционирования, характеризующегося факторной моделью типа производственной функции с убывающей отдачей [2]:

$$Q_i = \sigma_i (R_i + r_i)^{\alpha_i} y_i^{\beta_i}; \ \forall i \in \{\overline{1,n}\}; \quad (1)$$

где Q_i – пассажирооброт i-го центра логистической деятельности;

R_i – основные производственные фонды i-го центра логистической деятельности;

r_i – капитальные вложения i-го центра логистической деятельности;

y_i – оборотные средства i-го центра логистической деятельности

σ_i, α_i, β_i – параметры модели (коэффициенты регрессии) i-го центра логистической деятельности;

причем

$$\alpha_i + \beta_i < 1; \ 0 < \alpha_i, \ \beta_i < 1; \ \forall i \in \{\overline{1,n}\}, \quad (2)$$

Таким образом, рассматриваемая задача согласованного распределения финансовых ресурсов, соответствующая дивизиональной организации управления, моделируется иерархической игрой с непротивоположными интересами, в которой исследование операций ведется с позиции локальных интересов отдельных функциональных центров логистической деятельности. В качестве критерия эффективности функционирования исследуемой автотранспортной системы городских пассажироперевозок принимается отношение выполненного объема общего пассажирооборота к величине суммарных затрат финансовых средств

$$E(\overline{r}, \overline{y}) = \frac{\sum_{i=1}^{n} \sigma_i (R_i + r_i)^{\alpha_i} y^{\beta_i}}{\sum_{i=1}^{n} (r_i + y_i)}. \quad (3)$$

Эффективное распределение финансовых ресурсов определяется поэтапным решением задачи параметрической оптимизации и бескоалиционной игры с постоянной суммой и запрещенными ситуациями [3].

Если обозначить

$$\sigma_i (R_i + r_i)^{\alpha_i} = x_i; \quad \forall i \in \left\{\overline{1, n}\right\}, \tag{4}$$

то параметрическая оптимизация доставляющая закон управления финансирующего центра в виде скалярных функций

$$y_i = y_i(\overline{x})$$

векторного аргумента $\overline{x}$ = (x_1, …, x_n), заключается в рассмотрении следующей задачи математического программирования:

$$\max_{\overline{y} \in Y^n} E(\overline{x}, \overline{y}); \ \overline{x} = \text{const}; \tag{5}$$

в которой целевая функция имеет вид

$$E\ (\overline{x}, \overline{y}) = \frac{h_Q\ (\overline{x}, \overline{y})}{h_w\ (\overline{x}, \overline{y})}, \tag{6}$$

а допустимое множество определяется как

$$Y^n = \{ \overline{y} \in E^n \,|\, h_Q\ (\overline{x}, \overline{y}) \geq Q_0;\ h_w(\overline{x}, \overline{y}) \leq W_0 \tag{7}$$

где $h_Q(\overline{x}, \overline{y}) = \sum\limits_{i=1}^{n} x_i y_i^{\beta_i}; \qquad h_w(\overline{x}, \overline{y}) = \sum\limits_{i=1}^{n} (y_i + a_i x_i^{\frac{1}{\alpha_i}} - R_i);\ \overline{x} = x_1, \ldots, x_n;$

$$\overline{y} = y_1, \ldots, y_n;\ x_i \geq V_i;\ \ y_i > 0;\ a_i = \sigma_i^{\frac{1}{-\alpha_i}};$$

$$V_i = R_i^{\alpha_i} \sigma_i;\ i = \overline{1, n}.$$

Если константы $Q_0 > 0$, $W_0 > 0$ заданы так, что допустимое множество (7) не пусто, содержат по крайней мере две различные точки, ограничено и замкнуто, то в этом случае допустимое множество (7) представляет собой выпуклый компакт, а непрерывная на множестве

$$H^n = \{ \overline{y} \in E^n \,|\, y_i > 0,\ i = \overline{1, n} \},$$

целевая функция (6) при векторе параметров $\bar{x}$=const обладает следующим свойством

$$\nabla E(\bar{y}_i)^T(\bar{y}_2-\bar{y}_1)\leq 0 \Rightarrow E(\bar{y}_1) > E(\bar{y}_2);\ \forall(\bar{y}_1\neq\bar{y}_2)\in H^n;$$

т.е. является строго псевдовогнутой функцией по переменному вектору $\bar{y}=(y_1, \ldots, y_n)$. Из рассмотрения всевозможных случаев внутреннего и граничных решений задачи нелинейного программирования (5) следует, что всегда оптимальная точка $\bar{y}^*=(y_1^*, \ldots, y_n^*)$ принадлежит подмножеству

$$L=\{\bar{y}\in E^n \mid y_i=y_i(\bar{x},y);\ i=\overline{1,n}\}; \tag{8}$$

которое представляет собой некоторую кривую в положительном ортанте H^n пространства E^n, заданную в параметрическом виде:

$$y_i=\left(\frac{\beta_i x_i}{\beta_j x_j}\right)^{\frac{1}{1-\beta_i}} y^{\frac{1-\beta_j}{1-\beta_i}};\ i=\overline{1,n};\ j\in\{\overline{1,n}\}; \tag{9}$$

в зависимости от параметра $y>0$. Это дает возможность свести n-мерную задачу (5) к проблеме нахождения наибольшего значения строго псевдовогнутой функции скалярного аргумента $y>0$ на некотором интервале его изменения, что позволяет искомое решение $\bar{y}=\bar{y}(\bar{x})$ задачи параметрической оптимизации (5) получить в следующем виде:

$$y_i=y_i(\bar{x},y);\ i=\overline{1,n};\ g_S(\bar{x},y)=0; \tag{10}$$

$$S=\begin{cases} Q,\ y_M\leq y_Q\leq y_W; \\ M,\ y_Q\leq y_M\leq y_W; \\ W,\ y_Q\leq y_W\leq y_M; \end{cases} \tag{11}$$

где при $\bar{x}$=const $g_S(\bar{x},y)\equiv 0$; причем уравнение $g_M(\bar{x},y)=0$ получено из условия

$$\nabla E(\bar{y})=0;$$

уравнение $g_Q(\bar{x},y)=0$ соответствует условию

$$h_Q(\bar{x},\bar{y})=W_0;\ \bar{y}\in L,$$

а уравнение $g_W(\bar{x}, y)$ где соответствует условию

$$h_W(\bar{x}, \bar{y}) = W_0; \;\; \bar{y} \in L.$$

Полученное решение существует и единственно на множестве

$$D = \{\bar{x} \in E^n \mid x_i > 0;\ 0 \leq y_M(\bar{x}) < \infty;\ 0 < y_Q(\bar{x}),\ y_W(\bar{x}) < \infty\},$$

если выполняется условие $y_Q \leq y_W$.

Далее согласно исходной постановке задачи рассматривается следующая бескоалиционная игра равноправных лиц с постоянной суммой и запрещенными ситуациями [3]:

1. Множество игроков $I = \{\overline{1, n}\}$.
2. Функция выигрыша игрока $i \in I$

$$e_i(\bar{x}) = x_i^{\frac{1}{1-\beta_i}} - \left(\frac{\beta_i}{\beta_j x_j}\right)^{\frac{\beta_i}{1-\beta_i}} y^{\frac{1-\beta_j}{1-\beta_i}\beta_i};$$

определена на некотором множестве ситуаций $\bar{x} = (x_1, \ldots, x_n)$ и представляет собой сложную функцию

$$e_i(\bar{x}) = \varphi_i(\bar{x}, y);$$

где $y = y(x)$ есть однозначная и всюду положительная на множестве существования скалярная функция векторного аргумента $\bar{x} > 0$, заданная в неявном виде уравнением (10), индекс которого определяется условиями (11).

3. Каждый игрок $i \in I$ располагает стратегиями из множества:

$$A_i = \{x_i \in E \mid x_i \geq v_i\}.$$

4. Функции выигрышей игроков определены на множестве

$$B = \{\bar{x} \in E^n \mid y_Q(\bar{x}) \leq y_W(\bar{x})\}.$$

5. Игра рассматривается на множестве ситуаций

$$Z = A \cap B,$$

где $Z = Z_1 \times \ldots \times Z_n;\ A = A_1 \times \ldots \times A_n$.

6. Решение игры $\bar{x}^* = x_1^*, \ldots, x_n^*$ в смысле ситуации равновесия Нэша (Nash) должно удовлетворять следующим требованиям:

$$\max_{x_i \in Z_i} e_i\left(\bar{x}^{(i)^*}, x_i\right) = e_i\left(x_i^*\right);\ i = \overline{1,n} \qquad (12)$$

$$\sum_{i=1}^{n} e_i(\bar{x}^*) = Q_0,$$

где элемент $\bar{x}^{(i)} = (x_i, \ldots, x_{(i-1)}, x_{(i+1)}, \ldots, x_n)$ принадлежит множеству $Z^{(i)} = Z_1 \times \ldots \times Z_{(i-1)} \times Z_{(i+1)} \times \ldots \times Z_n$.

Считая вектор $\bar{x}^{(i)} \in Z^{(i)}$ известной фиксированной величиной, из анализа функций

$$e_{is}(x_i) = \varphi_i(\bar{x}^{(i)}, x_i, y_S(\bar{x}^{(i)}, x_i);$$
$$i = \overline{1,n};\ S = Q, M, W;$$

определенных соответственно на множествах

$$D_{iQ} = \{x_i,\ |x_i > 0, 0 < y_Q(\bar{x}^{(i)}, x_i) < \infty\};$$

$$D_{iM} = \{x_i,\ |x_i > 0, 0 \le y_M(\bar{x}^{(i)}, x_i) < \infty\};$$

$$D_{iW} = \{x_i,\ |x_i > 0, 0 < y_W(\bar{x}^{(i)}, x_i) < \infty\};$$

следует, что нахождение ситуации $\bar{x}^* = (x_1^*, \ \ldots, \ x_n^*)$ удовлетворяющей условиям (12), сводится к решению задачи

$$\max_{x_i} e_{iw}(x_i),\ i = \overline{1,n};$$

при ограничениях

$$g_Q(\bar{x}, y) = 0;\ x_i \ge V_i;\ i = \overline{1,n},$$

в которой целевые функции $e_{iw}(x_i)$, $i = \overline{1,n}$ обладают свойством строгой псевдовогнутости на множествах определения D_{iW}, $i = \overline{1,n}$.

Таким образом из выше изложенного следует, что равновесная ситуация Нэша $\bar{x}^* = \left(x_1^*, \ldots, x_n^*\right)$ рассматриваемой бескоалиционной игры, отвечающая требованиям (12), должна удовлетворять следующим условиям:

$$\begin{cases} f_k\left(\bar{x}, y\right) = 0;\ x_k^* \geq V_k;\ \ \forall k \in I_k; \\ x_t - V_t = 0;\ f_t\left(\bar{x}^*, y^*\right) \leq 0;\ \forall t \in I_t; \\ g_Q\left(\bar{x}, y\right) = 0; \end{cases} \tag{13}$$

где $I_k \cup I_t = \{\overline{1,n}\};\ I_k \cap I_t = \varnothing;\ I_k, I_t = \varnothing,\ ...,\ \{\overline{1,n}\};$

$$f_i\left(\bar{x},y\right) = \frac{\partial\varphi_i}{\partial x_i} - \frac{\partial\varphi_i}{\partial y}\frac{\partial g_w}{\partial x_i}\left(\frac{\partial g_w}{\partial y}\right)^{-1};\ \forall i \in \{\overline{1,n}\}.$$

Полученные условия (13) могут быть представлены в виде некоторой последовательности различных вариантов "$\delta_1, ..., \delta_n$" $\left(\delta_i = 0{,}1;\ i = \overline{1,n}\right)$ систем нелинейных алгебраических уравнений с рациональными показателями, решение которых $x_1^*, ..., x_n^*, y^*$ должны удовлетворять таким требованиям:

1. Для варианта "$\delta_1, ..., \delta_n$" $\left(\delta_i = 0{,}1;\ i = \overline{1,n}\right)$ соответствующего случаю $I_t = \varnothing$

$$f_k\left(\bar{x}, y\right) = 0,\ k = \overline{1(n+1)};$$

Где $f_{(n+1)}\left(\bar{x}, y\right) = g_Q\left(\bar{x}, y\right)$;

должно выполняться $\bar{x}_k^* \geq V_k,\ k = \overline{1,n}.$

2. Для варианта "$\delta_1^{(t)}, ..., \delta_n^{(t)}$", где $\delta_i^{(t)}$ – символ Кронекера $i = \overline{1,n}$

$$x_t = V_t;\ t \in I_t \neq \varnothing;$$
$$f_k\left(\bar{x}, y\right) = 0;\ k \in I_k \neq \varnothing;$$
$$f_{(n+1)}\left(\bar{x}, y\right) = 0;$$

должно соответственно соблюдаться

$$f_t\left(\bar{x}^*, y^*\right) \leq 0;\ t \in I_t;$$
$$x_k \geq V_k;\quad k \in I_k;$$

3. Для варианта "$\delta_1, ..., \delta_n$"$\left(\delta_i = 1,\ i = \overline{1,n}\right)$ соответствующего случаю $I_k = \varnothing$

$$x_t = V_t;\ t = \overline{1,n};$$
$$f_{(n+1)}\left(\bar{x}, y\right) = 0;$$

требуется выполнение условий

$$f_t\left(\bar{x}^*, y^*\right) \le 0;\ t = \overline{1,n}.$$

Таким образом, нахождение равновесной ситуации Нэша $\bar{x}^* = x_1^*,...,x_n^*$ отвечающей условиям (12) сводится к последовательному рассмотрению вариантов "$\delta_1,...,\delta_n$" $\left(\delta_i = 0{,}1;\ i = \overline{1,n}\right)$ систем алгебраических уравнений и выбору среди получаемых решений одного, которое удовлетворяет заданным требованиям.

Выводы

Следовательно, получена формализованная модель дивизиональной организации управления ресурсами городской автотранспортной системы пассажирских перевозок, в виде иерархической игры с фиксированной последовательностью ходов, в которой исследование операций проводилось с позиций локальных интересов функциональных центров логической деятельности. Разработанные условия (13) доставляют решение игры по критерию Нэша путем последовательного расчета различных вариантов систем нелинейных алгебраических уравнений с рациональными показателями.

Найденное решение $\left(x_1^*,...,x_n^*, y^*\right)$ определяет собой распределение капитальных вложений

$$r_i^* = \sigma_i^{-\frac{1}{\alpha_i}}\left(x_i^*\right)^{\frac{1}{\alpha_i}} - R_i;\ i = \overline{1,n};$$

и оборотных средств

$$y_i^* = \left(\beta_i x_i^*\right)^{\frac{1}{1-\beta_i}}\left(\beta_j x_j^*\right)^{\frac{1}{\beta_i - 1}}\left(y^*\right)^{\frac{1-\beta_j}{1-\beta_i}};$$
$$i = \overline{1,n};\ j \in \left\{\overline{1,n}\right\};$$

между функциональными центрами логической деятельности, что позволяет количественно оценить эффективность дивизиональной организации управления ресурсами исследуемой автотранспортной системы городских пассажироперевозок.

Список литературы

1. Управление организацией [Текст] : учебник / под ред. А. Г. Поршнева, З. П. Румянцевой, Н. А. Саломатина. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. : ИНФРА-М, 1999. – 669 с.

2. Экономико-математическое обеспечение управленческих решений менеджменте [Текст] / В. М. Вартанян, Д. В. Дмитришин, А. И. Лысенко и др. ; под ред.В. М. ВартанянаХ:ХГЭУ,2001 – 288 с.

3. Моделирование организационного управления в многоуровневых структурах [Текст] / В. Г. Кучмиев, А. И. Лысенко, В. М. Момот, И. В. Чумаченко. – Х. : Нац. аэрокосм. университет ХАИ, 2004. – 231 с.

Модель дивізіональної організації управління ресурсами міський автотранспортній системі пасажирських

Розглядається задача моделювання розподілу фінансових коштів автотранспортної системи міських пасажироперевезень з дивізіональною організацією управління ресурсами, при якій всі учасники досліджуваних процесів наділені функцією прийняття рішень. Механізм управління моделюється ієрархічною грою з фіксованою послідовністю ходів, де дослідження операцій ведеться з позицій локальних інтересів функціональних центрів логічної діяльності, яким надано право самостійно визначати необхідні обсяги капітальних вкладень, в той час як центр фінансування забезпечує необхідні витрати оборотних коштів.

Ключові слова: автотранспортна система, міські пасажироперевезення, логістична діяльність, дивізіональна організаційна структура, управління ресурсами, ієрархічна гра, дослідження операцій, параметрична оптимізація, безкоаліційна гра, рівновага Неша, нелінійне програмування.

Model of Divisional Organizasion Management Resurses Passenger Transportation in City Road Transport Sistem

The problem of modeling the distribution of funds trucking system of urban passenger transportation with divisional management organization, in which all participants of the processes are endowed with a function of the decision-making. The control mechanism is modeled hierarchical game with a fixed sequence of moves in which operations research is conducted from the standpoint interests of the local logical functional centers of activity, which granted the right to independently determine the necessary capital investments, while financing facility provides the required working capital costs.

Key words: auto transport system, urban passenger transport, logistics activities, divisional organizational structure, resource management, hierarchical game, operations research, parametric optimization, noncooperative game, Nash equilibrium, nonlinear programming.

Сведения об авторах:

Лысенко Александр Иванович – канд. техн. наук, доцент, доцент каф. 602 «Менеджмента», Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина.

Шенгелия Марина Отаровна – старший преподаватель каф. 602 «Менеджмента», Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина.