

УДК 630*377

ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ ПО
 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ РЕГИОНАЛЬНОЙ
 ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА

Иванников В. А.¹, Сушков С. И.¹, Бурмистрова О. Н.², Рябова О. В.³, Веселов С. Р.¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный

лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова»

²ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет»

³ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

Email: s.i.sushkov@mail.ru

Региональная транспортная система (РТС) представляет собой двухуровневую иерархическую структуру, состоящую из управления РТС, распределяющего ограниченные ресурсы $\sum_{i=1}^3 X_i = W$ и трёх транспортных подсистем (видов транспорта), производящих однотипную транспортную продукцию – взаимозаменяемые перевозки: P_1, P_2, P_3 . Каждый вид транспорта характеризуется определённой структурой, технологией функционирования и средствами, которыми он располагает [1]. Аналитическая зависимость между этими параметрами может быть построена на основе аппарата производственных функций, а формальная связь между ними имеет вид

$$P_i = P_i(\bar{\beta}_i, X_i, \bar{V}_i), \quad (1)$$

где P_i – объём перевозок i -го вида транспорта; $\bar{\beta}_i$ – вектор параметров i -го вида транспорта, который характеризует его структуру и количество исходных ресурсов; X_i – количество ресурсов, водимых в i -ый вид транспорта; V_i – вектор собственных управлений i -й транспортной подсистемы ($Y_i = y_{i1}, \dots, y_{ik_j}$) характеризует распределение ресурсов X_i в этой подсистеме и принадлежит множеству:

$$A_i = \left\{ \frac{\bar{Y}_i}{\bar{Y}_i} = (y_{i1} \dots y_{ik_i}), \sum_{k=1}^{k_i} y_{ik} \leq X_i, y_{ik} \geq 0, k = \overline{1, k_i} \right\}. \rightarrow \min. \quad (2)$$

Целью i -ой транспортной подсистемы является максимизация своей доли в общем объёме перевозок. Тогда её целевая функция F_i запишется так

$$F_i(\bar{B}, \bar{X}, \bar{Y}_1, Y_2, Y_3) = \frac{P_i(\bar{B}_i, X_i, \bar{Y})}{\sum_{i=1}^3 P_i(B_i, X_i, Y_i)} \rightarrow \min, \quad (3)$$

где $\bar{B} = (\bar{B}_1, \bar{B}_2, \bar{B}_3)$; $\bar{X} = (X_1, X_2, X_3)$.

Целевая функция организационной структуры управления ЕРТС, отражающая эффективность всей транспортной системы в целом, запишется так

$$F_i(\bar{B}, \bar{X}, \bar{Y}_1, \bar{Y}_2, \bar{Y}_3) = \frac{\sum_{i=1}^3 P_i(\bar{B}_i, X_i, Y_i)}{\sum_{i=1}^3 X_i}. \quad (4)$$

При этом средства транспортной системы ограничены

$$\sum_{i=1}^3 X_i \leq W, X_i \geq 0, \quad (5)$$

И общий объём перевозок не должен быть меньше некоторого планового показателя N

$$\sum_{i=1}^3 P_i(\bar{B}, X_i, \bar{Y}_i) \geq N. \quad (6)$$

Множество векторов, характеризующих распределение средств между видами транспорта, имеет вид

$$S = \left\{ \begin{array}{l} \bar{X} \\ \bar{X} \end{array} = (X_1, X_2, X_3), \sum_{i=1}^3 X_i \leq W, X_i \geq 0, \right. \\ \left. \begin{array}{l} i = 1, 3; \\ \sum_{i=1}^3 P_i(\bar{B}_i, X_i, \bar{Y}_i) \geq N \end{array} \right\}, \quad (7)$$

и составляет допустимое множество стратегий развития, принадлежащих организационной структуре управления ЕРТС [2].

Постановка задачи рассматривается с позиции теории игр. Имеется четыре участника игры с несовпадающими интересами: организационная структура управления РТС и три транспортные подсистемы. Каждый из участников обладает собственным вектором управления, который принадлежит заданному

множеству: $X \in S$, $\bar{Y}_i \in A_i, i = \overline{1,3}$. Целевые функции участников зависят от управления всех участников: $F(\bar{B}, \bar{X}, \bar{Y}_1, \bar{Y}_2, \bar{Y}_3)$, $F_i(\bar{B}, \bar{X}, \bar{Y}_1, \bar{Y}_2, \bar{Y}_3)$, $i = \overline{1,3}$. Один из участников игры – управление РТС – занимает обособленное положение, то есть не имеет права вступать ни в какие коалиции с кем-либо из остальных участников [4]. Рассматривается случай полной информированности, при которой иерархическая структура и все целевые функции системы участникам известны. Полученная постановка задачи моделируется игрой четырёх лиц с несовпадающими интересами. Игра рассматривается с точки зрения транспортных подсистем. Это означает, что надо определить такое распределение $\bar{Y}_i \in A_i$, ресурсов X_i , которое будет оптимальным с точки зрения максимизация объёма перевозок, выполняемого i -ой подсистемой [3].

Введём следующую гипотезу информированности и порядке ходов: первый ход заключается в одновременном выборе транспортными подсистемами своих стратегий $\bar{Y}_i \in A_i$, $i = \overline{1,3}$, которые сообщаются организационной структуре управления ЕРТС $\bar{X} = \bar{X}^*$. Построенная стратегия РТС в виде вектора функции

$$X^* = X^*(\bar{B}, \bar{Y}_1, \bar{Y}_2, \bar{Y}_3). \quad (8)$$

Определяется из условия

$$\max F(\bar{B}, \bar{X}, \bar{Y}_1, \bar{Y}_2, \bar{Y}_3) = F(\bar{B}, \bar{X}^*, \bar{Y}_1, \bar{Y}_2, \bar{Y}_3) \quad (9)$$

Таким образом, получается игра трёх лиц с постоянной суммой, в которой каждый i -ый участник ($i = \overline{1,3}$) характеризуется функцией выигрыша и располагает стратегиями их допустимого множества C_i , зависящего от стратегии всех игроков

$$\bar{Y}_i \in C_i(\bar{B}, \bar{Y}_1, \bar{Y}_2, \bar{Y}_3). \quad (10)$$

При этом каждый игрок может влиять на совокупность стратегий других игроков. Если правилами предусмотрено, что транспортные подсистемы производят выбор стратегий независимо друг от друга, без каких – либо согласований своих действий, то оптимальная стратегия i -й подсистемы будет определяться из решения бескоалиционной игры трёх лиц с постоянной суммой, в которой целью i -го игрока является:

$$\max_{\bar{Y}_i \in C_i} \psi_i(\bar{B}_i, \bar{Y}_1, \bar{Y}_2, \bar{Y}_3). \quad (11)$$

Решение игры будет соответствовать ситуациям равновесия в смысле Нэша (ситуация $\bar{Y}_1^*, \bar{Y}_2^*, \bar{Y}_3^*$) считается равновесной в указанном смысле, если ни одному из игроков не выгодно отступать от предписанной ему в этой ситуации стратегии при условии, что все остальные игроки не отступают от своих равновесных стратегий. Если допускается образование коалиций между транспортными подсистемами, то решение игры находится в смысле Неймана – Моргенштейна на основе анализа, раскрывающего условия коалиций [5].

Для описания указанной выше взаимосвязи параметров, определяющих деятельность отдельного вида транспорта, используется метод производственных функций (ПФ). Для иллюстрации приводится наиболее простая и широко распространённая в экономических исследованиях ПФ типа Кобба-Дугласа, которая связывает выпуск конечной продукции с производственными факторами в виде произведения степеней. В качестве факторов i -й транспортной подсистемы рассматриваются следующие ресурсы: основные производственные фонды подсистемы в стоимостном выражении (Φ_i); трудовые ресурсы в человеко-часах (L_i); энергосырьевые ресурсы стоимостном выражении (R_i). Выпуск конечной транспортной продукции характеризуется объёмом перевозок в приведённых тонно-километрах (P_i), который вычислить по формуле

$$P_i = \delta_i \Phi_i^{\alpha_i} L_i^{\beta_i} R_i^{\gamma_i}, \quad (12)$$

где $\delta_i, \alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ – параметры, характеризующие структуру подсистемы и определяемые на основе статистических данных методами регрессионного анализа.

В первом приближении можно считать

$$\Phi_i = \Phi_{i0} + f_i L_i = \frac{l_i}{\omega_i}, \quad R_i = r_i, \quad (13)$$

где Φ_{i0} – исходные основные производственные фонды i -й подсистемы в стоимостном выражении; f_i – капитальные вложения в i -ю подсистему; l_i – фонд заработной платы; ω_i – коэффициент среднечасовой заработной платы; r_i – оборотные средства i -й подсистемы.

Предположим, что получаемые i -й подсистемой ассигнования распреде-

ляются по следующим статьям расходов: капиталовложения; фонд заработной платы; оборотные средства; амортизационные отчисления, равные $\mu_i \Phi_{ic}$, где μ_i – норма амортизационных отчислений. Тогда баланс средств i -й подсистемы будет определяться соотношением

$$X_i = f_i + l_i + r_i + \mu \Phi_{ic}. \quad (14)$$

Учитывая приведённые выше зависимости, аналитическая формула взаимосвязи параметров будет иметь вид

$$P_i = \delta_i (\Phi_{io} + f_i)^{\alpha_i} \left(\frac{l_i}{\omega_i} \right)^{\beta_i} (X_i - f_i - l_i - \mu_i \Phi_{ic})^{\gamma_i}. \quad (15)$$

Рассмотренную статическую задачу распределения средств можно формулировать с учётом фактора времени, то есть как динамическую задачу на интервале времени $t = \overline{0, T}$. Тогда выражение для P_i будет иметь вид

$$P_i(t) = \delta_i (\Phi_{io} + f(t))^{\alpha_i} \left(\frac{l_i(t)}{\omega_i(t)} \right)^{\beta_i} \times \\ \times (X_i(t) - f_i(t) - l_i(t) - \mu_i(t) \Phi_{io})^{\gamma_i} e^{\nu_i t}, \quad (16)$$

где $e^{\nu_i t}$ – экспоненциальная функция времени, которая характеризует влияние НТП на объём перевозок, выполняемых i -ой подсистемой; ν_i – находится на основе регрессионного анализа статистических данных; $\omega_i(t), \mu_i(t)$ – заданные функции времени на интервале $t = \overline{0, T}$.

Управление транспортной системой теперь сводится к заданию программ $\bar{Y}_i(t)$ распределения ресурсов $X_i(t)$ в виде вектора – функционала

$$\bar{Y}_i(t) = (f_i(t), l_i(t)). \quad (17)$$

Из допустимого множества

$$C_{it} = \left\{ \begin{array}{l} \bar{Y}_i(t) = (f_i(t), l_i(t)), f_i(t) \geq 0, l_i(t) \geq 0, \\ X_i(t) - f_i(t) - \mu_i(t) \Phi_{io} \geq 0, t = \overline{0, T} \end{array} \right\}. \quad (18)$$

При определении целевой функции организационной структуры ЕРТС учитываются только прямые затраты в транспортной системе, равные $\sum_{i=1}^3 X_i$.

Определяя масштабы развития на перспективу видов транспорта, необходимо учитывать тесную связь этого развития с другими отраслями народного хозяйства и то факт, что народнохозяйственный эффект каждого вида транспорта также различен.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Сушков, С. И. Оптимизация параметров транспортных процессов на предприятиях лесопромышленного комплекса [Электронный ресурс] / С. И. Сушков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 76 (02).

2 Сушков, С. И. Разработка основ теории управления и принятия решений на предприятиях лесопромышленного комплекса [Электронный ресурс] / С. И. Сушков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 75 (01).

3 Сушков, С. И. Разработка оптимизационных методов принятия решений на предприятиях лесного комплекса [Текст] / С. И. Сушков, О. Н. Бурмистрова // Лесотехнический журнал. – 2013. – № 1 (9). – С. 172-177.

4 Бурмистрова, О. Н. Разработка теоретических основ рационального распределения промышленных объектов лесного комплекса [Текст] / О. Н. Бурмистрова, А. С. Сушков, С. И. Сушков, В. А. Бурмистров // Efektivni nastroje modernich ved – 2014 : materialy 10 mezinarodni vedecko-prakticka konference, 27 dubna-05 kveta 2014 roku. – Praha : Education and Science s.r.o, 2014. – Dil 32 : Technike vedy. – S. 3-10.

5 Сушков, С. И. Принципы решения задач управления в многоуровневых транспортно-производственных системах лесного комплекса [Текст] / С. И. Сушков, О. Н. Бурмистрова, Ю. Н. Пильник // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 11, ч. 2. – С. 317-321.