

Транспорт

УДК 656.07

DOI: 10.30987/1999-8775-2021-7-28-37

И.Я. Львович, Я.Е. Львович, А.П. Преображенский,
Ю.П. Преображенский, О.Н. Чопоров

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОВАРИАНТНОГО АНАЛИЗА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Проанализированы разные интенсивности связей между составляющими в транспортных системах. Приведена схема многовариантного анализа пространственно-временной информации для интенсивностей связей по результативному взаимодействию объектов, а также схема многовариантного анализа пространственно-временной информации по значимости объектов управляющего центра в ходе взаимодействия с подчиненными компонентами

Показаны особенности управления пространственно-временной информацией в транспортных системах. Рассмотрены три варианта анализа значимости объектов управляющего центра, чтобы была поддержка взаимодействия с компонентами подчиненных систем.

Ключевые слова: транспортная система, оптимизация, модель, управление, многокритериальный анализ.

I.Ya. Lvovich, Ya.E. Lvovich, A.P. Preobrazhensky, Yu.P. Preobrazhensky, O.N. Choporov

MULTI-CHOICE ANALYSIS USE OF SPACE-TIME INFORMATION OF TRANSPORT SYSTEMS

The work purpose consists in the development of models and control algorithms of distributed transport systems. In the work there is carried out a formalization of control processes in transport systems. The analysis of connection intensities between transport components is analyzed. There is developed a circuit of the multi-choice analysis of space-time information for tie intensities on the efficient interaction of objects. It is shown, in what way a significance of objects of the transport system control center is taken into account. There is developed a circuit for a space-time information analysis according to object significance of the control center during the interaction with subordinate components.

The investigation methods: multi-criterion optimization, expert approach, integral estimation, time series.

The investigation results and novelty: there are analyzed different tie intensities between constituents in transport systems. A circuit of the multi-choice analysis of space-time information for tie intensities on object efficient interaction is shown, a also a circuit of the multi-choice analysis of space-time information on object significance of the control center during interaction with subordinate components.

Conclusions: there are shown peculiarities of space-time information control in transport systems. Three versions of the analysis of control center objects are considered in order to have interaction support with the components of subordinate systems.

Key words: transport systems, optimization, model, control, multi-criterion analysis.

Введение

В ходе формализованного описания процессов управления распределенными транспортными системами с точки зрения результативного взаимодействия необходимо опираться интенсивность взаимодействия, рассматриваемого в качестве ключевой характеристики. Необходимо в таких системах осуществить формализован-

ное описание процессов, касающихся управлений ресурсными и ресурсно-результативными взаимодействиями. Тогда важно дать характеристику уровню значимости взаимодействий среди управляющим центром и подчиненными компонентами, филиалами и др. Для каждой из подчиненных компонент необходимо опи-

ратся на разные варианты, позволяющие осуществлять оценивание широкого класса характеристик. Ориентация происходит при учете конкретных процессов управления. В этой связи необходимо ориентироваться на применение многовариантного

Описание модели

Интенсивность взаимодействия между разными компонентами транспортных систем рассматривается в виде степени влияния центра транспортной системы на характеристики связанных с ними компонентов [2, 3]. Количественное оценивание интенсивности связей мы можем осуществлять исходя из величин коэффициентов парной корреляции среди соответствующих структурированных пространственно-временных данных:

временные ряды, относящиеся к мониторинговому оцениванию центра управления транспортными системами относительно объемных показателей результативного взаимодействия с подчиненными компонентами и филиалами

$$f_{j^0}(t), j^0 = \overline{1, J^0}. \quad (1)$$

В указанном выражении $j^0 = \overline{1, J^0}$ – рассматривается в виде нумерационного множества объемных показателей, иллюстрирующих результативное взаимодей-

подхода, когда проводятся процедуры анализа. Это определяется особенностями процессов управления компонентами транспортных систем [1], а также процессами, происходящими внутри таких компонентов.

Рассматриваются объемы результативного взаимодействия управляющего центра с подчиненными компонентами по j^0 –му виду деятельности по периодам $t = \overline{1, T}$;

временные ряды, относящиеся к результатам мониторингового оценивания по показателям работы n –й подчиненной компоненты

$$f_{j^c n}^c(t), j^c n = \overline{1, J_n^c}, n = \overline{1, N}, t = \overline{1, T}. \quad (2)$$

В указанном выражении $n = \overline{1, N}$ – множество анализируемых компонентов, $j^c n = \overline{1, J_n^c}$ – множество показателей работы n –й компоненты;

временные ряды, относящиеся к мониторинговому оцениванию работы управляющего центра на базе показателей взаимодействия с подчиненными компонентами при учете геолокации по $d = \overline{1, D}$ компонентам

$$f_{j^0 i}(t, d), j_{i n}^0 = \overline{1, J_i^0}, i = \overline{1, I}, t = \overline{1, T}, d = \overline{1, D}, \quad (3)$$

здесь $i = \overline{1, I}$ – множество объектов в управляющем центре; временные ряды, связанные с мониторинговым оценивани-

ем показателей работы компонентов n –й подчиненной системы при учете их геолокации

$$f_{j^c i c n}^c(t, d), j_{i c n}^c = \overline{1, J_{i c n}^c}, i_{i c n}^c = \overline{1, I_{i c n}^c}, n = \overline{1, N}, \quad (4)$$

$$t = \overline{1, T}, d = \overline{1, D},$$

здесь $i_{i c n}^c = \overline{1, I_{i c n}^c}$ – множество объектов в n –й подчиненной компоненте.

Анализ интенсивностей связей между транспортными компонентами

Чтобы полноценным образом описать различные процессы управления в ходе взаимодействия управляющего центра и подчиненных компонентов [4, 5] проанализируем разные интенсивности связей.

1. Используются коэффициенты парной корреляции, когда анализируется интенсивность связей между управляющим центром и подчиненными компонентами по показателям (1), (2)

$$\rho(f_{j^0}, f_{f^c n}, T) = \frac{\sum_{t=1}^T [f_{j^0}(t) - m(f_{j^0})][f_{f^c n}^c(t) - m(f_{f^c n}^c)]}{\sigma(f_{j^0})\sigma(f_{f^c n}^c) \cdot T}. \quad (5)$$

Здесь

$$m(f_{j^0}) = \frac{\sum_{t=1}^T f_{j^0}(t)}{T}, m(f_{j^c n}) = \frac{\sum_{t=1}^T f_{f^c j^c n}(t)}{T}$$

$$\sigma(f_{j^0}) = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T [f_{j^0}(t) - m(f_{j^0})]^2}{T-1}}, \sigma(f_{j^c n}) = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T [f_{j^c n}^c(t) - m(f_{j^c n}^c)]^2}{T-1}}$$

Наибольшая степень влияния управляющего центра на показатели работы подчиненных компонентов может быть определена исходя из рассмотрения оценок (5). Это ведет к определению областей управления взаимодействием.

2. Если анализировать некоторую зону геолокации $d = \overline{1, D}$, тогда коэффициенты парной корреляции дают возможность для того, чтобы анализировать интенсивности связей управляющего центра и подчиненных компонентов (3), (4) на основе,

$$\rho(f_{j^0}, f_{f^c i^c n}, T, d) = \frac{\sum_{t=1}^T [f_{j^0}(t, d) - m(f_{j^0}(d))] [f_{f^c i^c n}^c(t, d) - m(f_{f^c i^c n}^c(d))]}{\sigma(f_{j^0}(d)) \sigma(f_{f^c i^c n}^c(d)) \cdot T} \quad (6)$$

Если исходим из оценок (6) тогда можно найти области управления взаимодействия для зоны $d = \overline{1, D}$, где географическим образом размещены объекты управляющего центра и подчиненных компонентов, по которым центр максимальным образом влияет на показатели работы компонентов.

периодов $T + t_1, t_1 = \overline{1, T_1}$. Чтобы прогноз-ные оценки по временным рядам были определены, важно показатели вычислить для периода $T + t_1, t_1 = \overline{1, T_1}$ на базе прогностических моделей.

Некоторые процессы управления касаются кроме мониторинговой информации, представляемой как временные ряды (1)-(4), прогнозов и экспертных оценок для

Исходим из того, что в управляющем центре стремятся к росту взаимодействий с подчиненными компонентами. Анализ демонстрирует справедливость экспоненциальной прогностической модели

$$f_{j^0}(T + t_1) = a_1 e^{a_2(T+t_1)}, t_1 = \overline{1, T_1}. \quad (7)$$

Чтобы в зависимости (7) мы смогли найти параметры a_1, a_2 , базируясь на временном ряде (1), исходим из экспоненциального сглаживания. Полагаем, что оценки прогнозов для периодов $T + t_1, t_1 = \overline{1, T_1}$ большее влияние связано со значени-

ями показателей [6] $f_{j^0}(t)$, связанных с периодами, которые близки к T .

Есть необходимость в росте показателей $f_{j^c n}^c(t)$, когда идем от периода $t = 1$ к периоду $t = T$. Тогда для прогноза мы опираемся на модель

$$f_{j^c n}^c(T + t_1) = a_{1n}^c e^{a_{2n}^c(T+t_1)}, t_1 = \overline{1, T_1}. \quad (8)$$

Для нее параметры a_{1n}^c, a_{2n}^c будут определены на базе (2). При этом требуется использовать метод экспоненциального сглаживания. Управляющий центр основывается на оценках прогноза по периоду планирования (7). Но еще работают эксперты. Они оценивают возможности роста взаимодействий, ведущие к $w = \overline{1, W}$ ва-

риантам $f_{j^0 w}(T + t_1), t_1 = \overline{1, T_1}$. При этом исходим из (7). Тогда, кроме (1) – (4) будут еще рассматриваться:

временные ряды, связанные с оценками показателей взаимодействия управляющего центра с подчиненными компонентами, которые соотносятся с (7)

$$f_{j^0}(T + t_1), j_0 = \overline{1, J_0}, t_1 = \overline{1, T_1}. \quad (9)$$

временные ряды, связанные с оценками показателей подчиненных компонентов, значения которых соотносятся с (8)

$$f_{j^n^c}(T + t_1), j_n^c = \overline{1, j_n^c}, t_1 = \overline{1, T_1}. \quad (10)$$

временные ряды, связанные с $w = \overline{1, W}$ вариантами экспертных оценок показателей управляющего центра по периодам планирования

$$f_{j^0_w}(T + t_1), j_w^0 = \overline{1, j_w^0}, w = \overline{1, W}. \quad (11)$$

На базе дополнительных данных (9) – (11), мы можем осуществлять дополнительный анализ.

3. Расчет интенсивности связей между управляющим центром и подчиненными

$$\rho(f_{j^0}, f_{j^n^c}, T + t_1) = \frac{\sum_{t=1}^{T+t_1} [f_{j^0}(t) - m(f_{j^0})][f_{j^n^c}(t) - m(f_{j^n^c})]}{\sigma(f_{j^0}) \cdot \sigma(f_{j^n^c}) \cdot (T+t_1)}, t_1 = \overline{1, T_1}. \quad (12)$$

Здесь выборку $f_{j^0}(t)$ формируем, исходя из того, что объединяются временные ряды $f_{j^0}(t), t_1 = \overline{1, T_1}$ и $f_{j^0}(T + t_1), t_1 = \overline{1, T_1}$. Получаем выборку $f_{j^n^c}(t)$ – при том, что будут объединены временные ряды $f_{j^n^c}(t), t_1 = \overline{1, T_1}$ и $f_{j^n^c}(T + t_1), t_1 = \overline{1, T_1}$.

Основываясь на анализе оценок (12), мы можем найти область управления вза-

$$\rho(f_{j^0_w}, f_{j^n^c}, T + t_1) = \frac{\sum_{t=1}^{T+t_1} [f_{j^0_w}(t) - m(f_{j^0_w})][f_{j^n^c}(t) - m(f_{j^n^c})]}{\sigma(f_{j^0_w}) \cdot \sigma(f_{j^n^c}) \cdot (T+t_1)}, t_1 = \overline{1, T_1}. \quad (13)$$

Здесь выборку $f_{j^0_w}(t)$ формируем, основываясь на объединении временных рядов $f_{j^0}(t), t_1 = \overline{1, T_1}$ и $f_{j^0_w}(T + t_1), t_1 = \overline{1, T_1}$. Выборку $f_{j^n^c}$ – строим по объединению временных рядов $f_{j^n^c}(t), t = \overline{1, T}$ и $f_{j^n^c}(T + t_1), t_1 = \overline{1, T_1}$.

Оценки (13) дают возможности для того, чтобы сравнивать по интенсивности взаимодействия. При этом анализируются $w = \overline{1, W}$ экспертных вариантов для того,

имея взаимодействие между управляющим центром и подчиненными компонентами по периодам $T + t_1, t_1 = \overline{1, T_1}$.

4. Осуществление анализа интенсивности связей между управляющим центром и подчиненными компонентами на базе показателей (10), исходя из того, какие коэффициенты парной корреляции

чтобы планировать и определять наилучший вариант. Рассматривается область управления взаимодействиями между управляющим центром и подчиненными компонентами. Учитывается экспертное оценивание по периодам $T + t_1, t_1 = \overline{1, T_1}$.

На рис. 1 приведена иллюстрация схемы многовариантного анализа пространственно-временной информации, связанной с интенсивностью взаимодействий.

Учет значимость объектов управляющего центра транспортной системы

Можно опираться на другую качественную оценку. Она полезна, когда формализуется управление взаимодействием, при этом учитывается значимость объектов управляющего центра [7, 8]. Значимость показывает планируемые объемы взаимодействий объектов управляющего центра, а также объемы взаимодействий объектов подчиненных компонентов с управляющим центром. Мы предлагаем как оценки значимости величин, демонстрирующих место $i - go$ объекта управ-

ляющего центра, $t = \overline{1, T}$ в последовательности, которая упорядочена относительно агрегированного показателя при учете периодов $t = \overline{1, T}$, когда рассматривается перспективное планирование $T + t_1, t_1 = \overline{1, T_1}$ и территориальная принадлежность объектов относительно $d - go$ регионального образования, $d = \overline{1, D}$.

Тогда исходную информация рассматриваем в виде пространственно-временных данных показателей работы

объектов $i = \overline{1, I}$ управляющего центра при привязке относительно географического положения $d = zo$ региона при помощи временных рядов

$$f_{ijg}(t, d), i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}, g_j = \overline{1, G_j}, t = \overline{1, T}, d = \overline{1, D}. \quad (14)$$

временные ряды, связанные с показателями состояния объектов при учете того, какая у них географическая локация $d = \overline{1, D}$

$$f_{j^p d}^p(t), d = \overline{1, D}, j_d^p = \overline{1, J_d^p}, t_1 = \overline{1, T_1}. \quad (15)$$

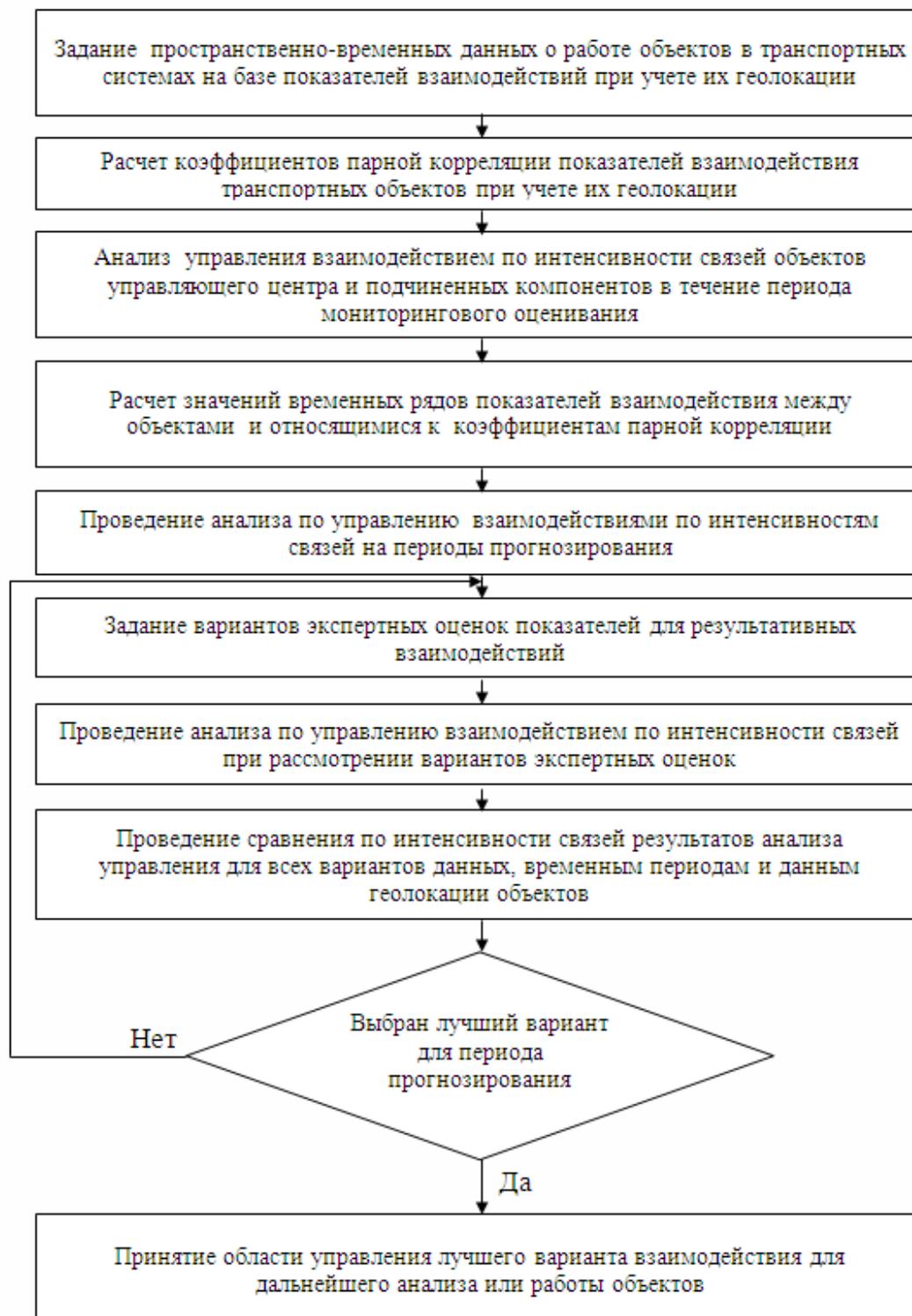


Рис.1. Схема многовариантного анализа пространственно-временной информации для интенсивностей связей по результативному взаимодействию объектов

На базе временных рядов (1) по d – му региону происходит идентификация по структуре и параметрам модели агрегирования

$$F_i(T, d), i = \overline{1, I}, d = \overline{1, D}. \quad (16)$$

Структурированные данные (14) – (16) дают возможности для того, чтобы осуществить три варианта анализа значимости объектов управляющего центра, чтобы взаимодействовать с компонентами подчиненных систем.

1. Анализ значимости объектов управляющего центра на базе обозначения рангов по дискретным шкалам $r_i, i = \overline{1, I}$.

Прежде всего объекты управляющего центра подвергаются упорядочению. Они географическим образом размещены в d – м регионе. Упорядочение идет для величин интегральных оценок $F_i(t, d)$. Затем элементы в упорядоченном множестве соотносятся с количественной оценкой значимости $r_i, i = \overline{1, I}$: i – го объекта управляющего центра. Тому, который имеет наибольшее значение $F_i(T, d)$ будет присвоен ранг $r_i = 1$. Для d_{i_1} – го объекта управляющего центра при наименьшем значении $F_i(T, d)$ будет соотнесен ранг $r_{i_1} = I$. По остальным объектам будет назначение ранговых оценок по множеству $2, I - 1$ так, чтобы выполнялось условие

$$F_{i+1}(T, d) \leq F_i(T, d).$$

Затем необходимо изменять показатели (14) в i – м объекте на основе управленческих решений по периодам перспективного планирования $T + t_1, t_1 = \overline{1, T_1}$. Тогда объекты будут двигаться от $r_i - i$

позиции к более высокой, характеризующей более высоким значением интегральных оценок [9].

2. Анализ значимости объектов в управляющем центре, исходя из того, какие количественные оценки по непрерывным шкалам $R_i, i = \overline{1, I}$.

Дискретные количественные оценки $r_i = \overline{1, I}$ будут переведены к непрерывной шкале R внутри диапазона $[0, A]$. Тогда необходимо формировать визуальные представления того, как меняется величина интегральной оценки (16), что определяется рангом r_i i – го объекта в рамках дискретных шкал $F_i(r_i)$ (рис.2). Когда $F_i(r_i)$ уменьшается без существенных скачков, тогда следует опираться на линейную модель, в которой будет перевод дискретной шкалы оценок значимости к непрерывной шкале

$$R_i = a_0 + a_1 r, a_0 = \frac{AI}{(I-1)}, a_1 = \frac{A}{1-I}. \quad (17)$$

Когда зависимость $F_i(r_i)$ является скачкообразной, тогда следует опираться на кусочно-линейную модель перевода между шкалами. Предположим, что l – м кластером $l = \overline{1, L}$ будет осуществляться охват по объектам управляющего центра, внутри диапазона оценки $[r'_l, r''_l]$ и $l = \overline{1, 3}$ (в качестве примера, $l = 1$ от $r'_1 = 1$ до $r''_1 = 20$; $l = 2$ от $r'_2 = 21$ до $r''_2 = 50$; $l = 3$ от $r'_3 = 51$ до $r''_3 = 100$), т.е. $r'_1 = 1, r''_L = L$. В подобном случае линейную аппроксимацию в непрерывной шкале по l – му кластеру мы определим при помощи функции $R_i = a_{0l} + a_{1l} r_{il}$,

$$a_{0l} = \frac{[F(r''_l) - F(r'_l)]A}{F(r'_1=1) - F(r''_l=I)}, a_{1l} = \frac{[F(r'_l) - F(r'_1)]A}{[F(r'_1=1) - F(r''_l=I)]}. \quad (18)$$

Затем необходимо опираться на управленческие решения, связанные с поддержкой эффективных режимов взаимодействия объектов управляющего центра с учетом того, какая у него значимость и объектов подчиненных компонентов [10].

3. Осуществление анализа значимости объектов управляющего центра [11, 12] при учете того, как они территориаль-

ным образом будут принадлежать к d – му региону.

Тогда требуется вести коррекцию по оценкам значимости в рамках непрерывной шкалы. Они вытекают из (17), (18) при учете характеристик регионов [13]. Величина значимости в результате коррекции R_i^{ck} получается таким образом

$$R_{id}^{ck} = b_{id} R_i, d = \overline{1, D}. \quad (19)$$

Здесь b_{id} – рассматривается в виде коэффициента, который вычисляется на

базе средних величин показателей регионов (15). Затем управление базируется на взаимодействии объектов управляющего центра и подчиненных компонентов, которые географическим образом относятся к d -му региону, $d = \overline{1, D}$.

На рис. 2. приведена схема многовариантного анализа пространственно-временной информации по значимости объектов управляющего центра в ходе взаимодействия с подчиненными компонентами.

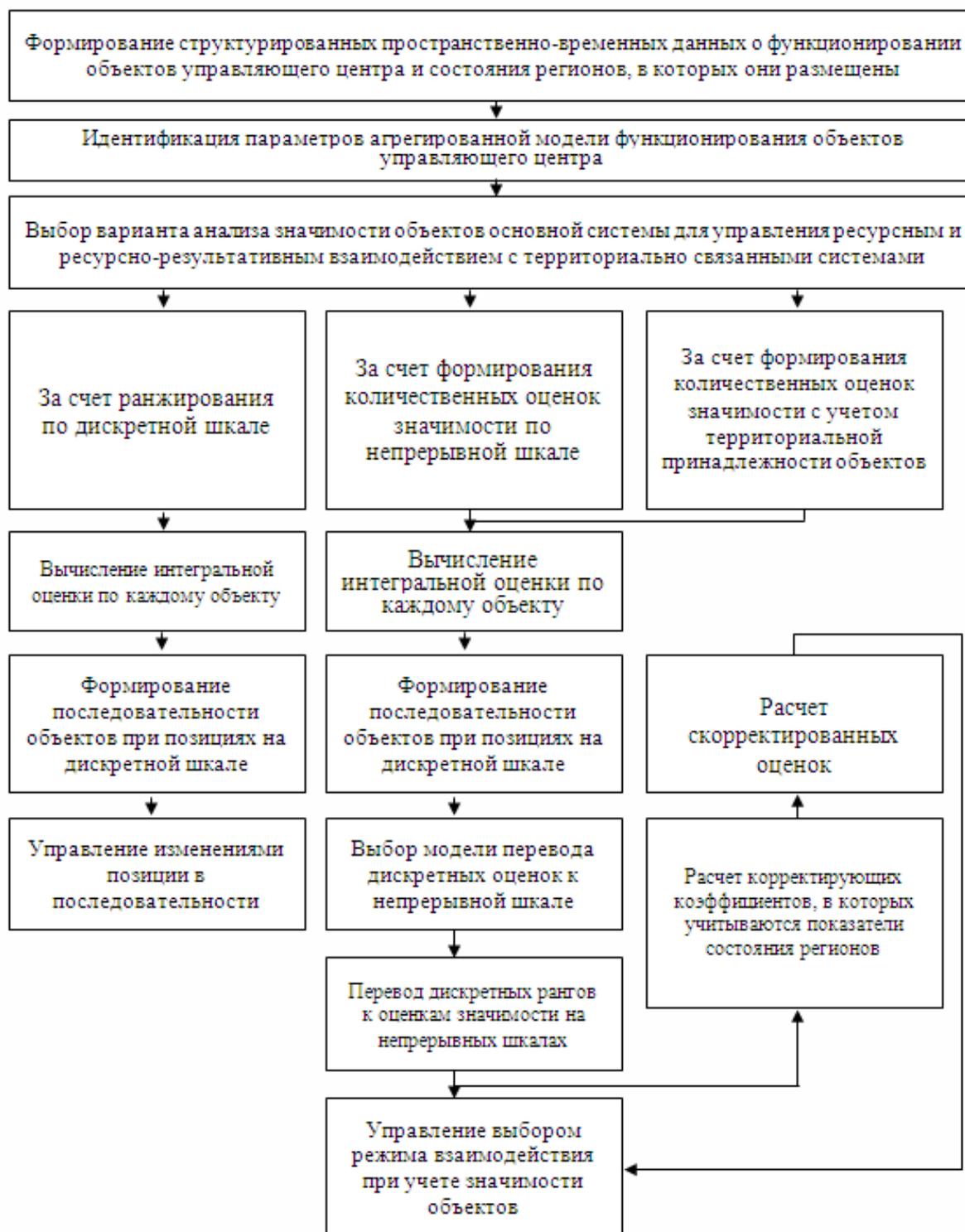


Рис. 2. Схема многовариантного анализа пространственно-временной информации по значимости объектов управляющего центра в ходе взаимодействия с подчиненными компонентами

Результаты

На базе рассмотренного подхода осуществлено имитационное моделирование управления транспортным предприятием. Выделены центр управления и двенадцать объектов управления. Мы применяли показатели значимости объектов, чтобы вести оценки по тому, насколько действующая структура соответствует возможностям успешного экономического развития и финансовой устойчивости. Кроме интересов транспортной компании в модели управления мы учитывали интересы ключевых сил внутри рынка: конкурентов, местных властей, акционеров, населения как конечного потребителя продукции компании.

В рамках комплексной оценки осуществлялся анализ и контроль финансовой

устойчивости транспортной организации. Анализ внешних связей транспортного предприятия направлен на выполнение таких функций, как планирование и прогнозирование финансовых решений, финансовый анализ, контроль исполнения производственных планов и задач. Анализ внутренних связей, помимо вышеперечисленных задач, обеспечивает реализацию функций регулирования финансовой деятельности и способствует достижению целевых финансовых показателей. На рис. 3 показаны продажи услуг транспортной компании без использования механизмов анализа пространственно-временной информации (кривая 1) и с применением таких механизмов (кривая 2).

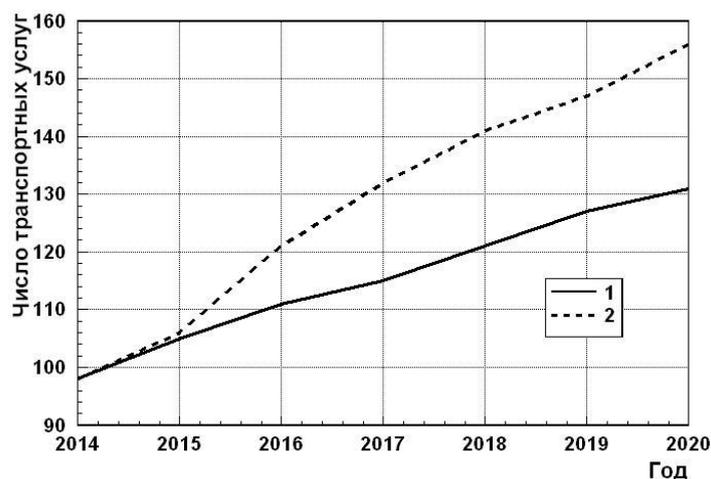


Рис. 3. Зависимость числа услуг без применения и с применением анализа пространственно-временной информации

Заключение

Для эффективного управления в транспортных системах необходимо осуществлять анализ пространственно-временной информации в ходе оценок интенсивности связей между объектами. Также требуется формировать управление взаимодействием объектов управляющего

центра и подчиненных компонентов. Для решения указанных задач важно опираться на оценки парной корреляции по соответствующим показателям, которые рассчитываются при помощи ретроспективных данных прогностических и экспертных оценок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Angelelli, E.** Minimizing the total traveltime with limited unfairness in traffic networks / E. Angelelli, V. Morandi, and M. G. Speranza // *Comput. Oper. Res.* – vol. 123. – Nov. 2020. – no. 105016
2. **The development of optimization model and algorithm for support of resources management in organizational system** / A. B. Chernyshov, O. N. Choporov, A. P. Preobrazhenskiy, O. Ja. Kravets // *International Journal on Information Technologies and Security.* – 2020. – Т. 12. – № 2. – С. 25-36.
3. **Simulation of agricultural enterprises based on the optimization of the components with the**

- transformation - game model** / I. Ya. Lvovich, Ya. E. Lvovich, A. P. Preobrazhenskiy [etc.] // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. conference proceedings. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – 2020. – С. 32060.
4. **Patriksson, M.** The Traffic Assignment Problem: Models and Methods. / M. Patriksson. – New York, NY, USA: Dover, 2015.
 5. **Optimizing traffic signal settings in smart cities** / Z. Li, M. Shahidehpour, S. Bahramirad, and A. Khodaei // IEEE Trans. Smart Grid. – 2017. – vol. 8. – no. 5. – pp. 2382-2393.
 6. **Schulz, A. S.** Efficiency and fairness of system-optimal routing with user constraints / A. S. Schulz and N. E. Stier-Moses // Networks – 2006. – vol. 48. – no. 4. – pp. 223-234.
 7. **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.
 8. **Чопоров, О. Н.** Методы анализа значимости показателей при классификационном и прогнозическом моделировании / О. Н. Чопоров, А. Н. Чупеев, С. Ю. Брегеда // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2008. – Т. 4. – № 9. – С. 92-94.
 9. **Преображенский, Ю. П.** Разработка методов формализации задач на основе семантической модели предметной области / Ю. П. Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2008. – № 3. – С. 075-077.
 10. **Chow, J.** Informed Urban Transport Systems: Classic and Emerging Mobility Methods to ward Smart Cities / J. Chow and W. Recker. – Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, 2018.
 11. **Нерсисян, Е. А.** Актуальные аспекты управления инновационным развитием предприятия / Е. А. Нерсисян, О.К. Прохорова, Р.О. Воронцов // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2020. – № 3 (34). – С. 59-64.
 12. **Коростелева, Н. А.** Особенности формирования автоматизированных систем контроля / Н. А. Коростелева, К. О. Комаристая, В. Н. Кострова // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2019. – № 3 (30). – С. 32-34.
 13. **Nikifirov, O.** Survey method improvement of urban passenger transport works / O. Nikifirov, K. Safronov, S. Mochalin, Y. Koleber // Transport Problems. – 2020. – V. 15. – № 3. – pp. 127-138.
1. **Angelelli, E.** Minimizing the total traveltime with limited unfairness in traffic networks / E. Angelelli, V. Morandi, and M. G. Speranza // Comput. Oper. Res. – vol. 123. – Nov. 2020. – no. 105016
 2. **The development of optimization model and algorithm for support of resources management in organizational system** / A. B. Chernyshov, O. N. Choporov, A. P. Preobrazhenskiy, O. Ja. Kravets // International Journal on Information Technologies and Security. – 2020. – Т. 12. – № 2. – С. 25-36.
 3. **Simulation of agricultural enterprises based on the optimization of the components with the transformation - game model** / I. Ya. Lvovich, Ya. E. Lvovich, A. P. Preobrazhenskiy [etc.] // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. conference proceedings. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – 2020. – С. 32060.
 4. **Patriksson, M.** The Traffic Assignment Problem: Models and Methods. / M. Patriksson. – New York, NY, USA: Dover, 2015.
 5. **Optimizing traffic signal settings in smart cities** / Z. Li, M. Shahidehpour, S. Bahramirad, and A. Khodaei // IEEE Trans. Smart Grid. – 2017. – vol. 8. – no. 5. – pp. 2382-2393.
 6. **Schulz, A. S.** Efficiency and fairness of system-optimal routing with user constraints / A. S. Schulz and N. E. Stier-Moses // Networks – 2006. – vol. 48. – no. 4. – pp. 223-234.
 7. **Chernikov, S.Yu.** System analysis use at operation control / S.Yu. Chernikov, R.V. Korolkov // *Modeling, Optimization and Information Technologies*. – 2014. – No. 2(5). – pp. 16.
 8. **Choporov, O.N.** Methods of index significance analysis at raging and prediction modeling / O.N. Choporov, A.N. Chupeev, S.Yu. Bregeda // *Bulletin of Voronezh State Technical University*. – 2008. – Vol.4. – No. 9. – pp. 92-94.
 9. **Preobrazhenskiy, Yu.P.** Development of problem formalization methods based on semantic model of subject field / Yu.P. Preobrazhenskiy // *Bulletin of Voronezh Institute of High Technologies*. – 2008. – No.3. – pp. 075-077.
 10. **Chow, J.** Informed Urban Transport Systems: Classic and Emerging Mobility Methods to ward Smart Cities / J. Chow and W. Recker. – Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, 2018.
 11. **Nersesyan, E.A.** Actual aspects of innovation development control of company / E.A. Nersesyan, O.K. Prokhorova, R.O. Vorontsov // *Bulletin of Voronezh Institute of High Technologies*. – 2020. – No. 3(34). – pp. 59-64.
 12. **Korostelyova, N.A.** Peculiarities in formation of automated control systems / N.A. Korostelyova, K.O. Komaristaya, V.N. Kostrova // *Bulletin of Voronezh Institute of High Technologies*. – 2019. – No. 3(30). – pp. 32-34.
 13. **Nikifirov, O.** Survey method improvement of urban passenger transport works / O. Nikifirov, K. Safronov, S. Mochalin, Y. Koleber // *Transport Problems*. – 2020. – V. 15. – № 3. – pp. 127-138.

Ссылка для цитирования:

Львович, И.Я. Применение многовариантного анализа пространственно-временной информации транспортных систем / И.Я. Львович, Я.Е. Львович, А.П. Преображенский, Ю.П. Преображенский, О.Н. Чопоров // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2021. – № 7. – С. 28 - 37. DOI: 10.30987/1999-8775-2021-7-28-37.

Статья поступила в редакцию 03.04.21.

Рецензент: д.т.н., доцент Брянского государственного технического университета

Пугачев А.А.,

член редсовета журнала «Вестник БГТУ».

Статья принята к публикации 21.06.21.

Сведения об авторах:

Львович Игорь Яковлевич, д.т.н., ректор Воронежского института высоких технологий, e-mail: office@vivt.ru.

Львович Яков Евсеевич, д.т.н., зав. кафедрой «Системы автоматизированного проектирования и информационные системы» Воронежского государственного технического университета, e-mail: office@vivt.ru.

Преображенский Андрей Петрович, д.т.н., профессор кафедры «Информационные систем и тех-

нологии» Воронежского института высоких технологий, e-mail: Komkovvivt@yandex.ru

Преображенский Юрий Петрович, к.т.н., профессор кафедры «Информационные системы и технологии» Воронежского института высоких технологий, e-mail: petrovich@vivt.ru.

Чопоров Олег Николаевич, д.т.н., профессор кафедры «Системы информационной безопасности» Воронежского государственного технического университета, e-mail: choporov_oleg@mail.ru.

Lvovich Igor Yakovlevich, Dr. Sc. Tech., Rector, Voronezh State Institute of High Technologies, e-mail: office@vivt.ru.

Lvovich Yakov Yevseevich, Dr. Sc. Tech., Head of the Dep. "Computer Aided Design Systems and Information Systems", Voronezh State Technical University, e-mail: office@vivt.ru.

Preobrazhensky Andrey Petrovich, Dr. Sc. Tech., Prof. of the Dep. "Information Systems and Technolo-

gies", Voronezh Institute of High Technologies, e-mail: Komkovvivt@yandex.ru.

Preobrazhensky Yury Petrovich, Can. Sc. Tech., Prof. of the Dep. "Information Systems and Technologies", Voronezh Institute of High Technologies, e-mail: petrovich@vivt.ru.

Choporov Oleg Nikolaievich, Dr. Sc. Tech., Prof. of the Dep. "Information Safety Systems", Voronezh State Technical University, e-mail: choporov_oleg@mail.ru.