

УДК 332.012.2

**Ф.С. ФАЙЗУЛЛИН**

Институт социально-экономических исследований УФИЦ РАН, Уфа, Россия  
e-mail: philosugatu@mail.ru

**С.С. ВАЛЕЕВ**

Сочинский государственный университет, г. Сочи, Россия  
e-mail: vss2000@mail.ru

**Н.В. КОНДРАТЬЕВА**

Сочинский государственный университет, г. Сочи, Россия  
e-mail: knv24@mail.ru

**АНАЛИЗ СЕТИ РЕГИОНАЛЬНЫХ АВИАПЕРЕВОЗОК КАК СОЦИАЛЬНО-  
ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПОДСИСТЕМЫ  
ANALYSIS OF THE NETWORK OF REGIONAL AIR TRANSPORTATION AS A  
SOCIO-ECONOMIC SUBSYSTEM**

**Аннотация:** Системы воздушного транспорта оказывают значительное влияние на экономическое развитие регионов. Исследованы общие тенденции формирования транспортных потоков в различных регионах. Рассматриваются задачи разработки обобщенных математических моделей движения транспортных потоков при авиаперевозках, что может послужить основой более эффективного управления логистикой в условиях неопределенности и рисков. В качестве исходных предпосылок рассматриваются использование больших данных и теоретико-информационного подхода.

**Abstract:** Air transportation systems have a significant impact on regional economic development. The general trends in the formation of traffic flows in various regions are investigated. The tasks of developing generalized mathematical models of traffic flows during air transportation are considered, which can serve as the basis for more effective management of the logistics policy in the face of uncertainty and risks. The use of big data and an information-theoretic approach is considered as initial data.

**Ключевые слова:** региональная система авиаперевозок, эффективность, информационная модель, аналитика больших данных, принятие решений

**Keywords:** regional air transportation system, efficiency, information model, Big Data analytics, decision making

Как известно, системы воздушного транспорта оказывают существенное влияние на социально-экономическое развитие регионов [1]. Система авиаперевозок может рассматриваться как крупномасштабная система, которая должна предоставлять эффективные услуги воздушного транспорта по перевозке пассажиров и грузов. Как известно, крупномасштабная система является подклассом класса «системы систем». «Система систем» - система, которая обладает следующими основными особенностями: включает функционально независимые подсистемы с независимыми компонентами и подсистемами; эволюционно развивающиеся; с эмерджентным поведением; с пространственным распределением [2].

Потоки региональной авиатранспортной системы можно разделить на пассажиропоток и грузопоток. Направления этих потоков зависят от экономики региона. Лица, принимающие управленческие решения при организации движения транспортных потоков, должны эффективно использовать большие объемы данных, чтобы максимизировать их полезность. Управление большими объемами данных, генерируемых

компьютерами, применение информации, полученной от различных сенсорных систем, и данных о состоянии бизнес-процессов различных этапов жизненного цикла крупномасштабных социально-экономических систем в настоящее время может быть основано на технологиях больших данных [3].

В качестве основного вывода по результатам анализа, проведенного в этой области, может быть отмечено отсутствие эффективного управления развитием региональной системы воздушного транспорта. Это лишает возможности рассматривать систему воздушного транспорта как сложную систему в региональном аспекте. Таким образом, в настоящее время невозможно управлять и развивать систему авиакомпаний как единое целое для оптимизации региональных расходов и повышения прибыльности.

Концепция больших данных сочетает в себе методы и технологии, которые позволяют извлекать знания из огромных потоков данных в режиме реального времени. Активный интерес со стороны исследователей и практиков в области авиации к технологии больших данных обусловлен внедрением высокоскоростных каналов передачи данных для динамических объектов, внедрением технологий NoSQL, а также облачных вычислений.

Большое количество статистических данных хранится в базах данных авиакомпаний и теперь доступно из различных хранилищ данных. Система принятия решений включает подсистемы сбора информации, базы данных, центры обработки данных и телекоммуникационные каналы.

Основной идеей для формирования модели анализа в нашем случае является применение теоретико-информационного подхода, основанного на понятии переноса энтропии. Перенос энтропии дополняет метод анализа влияния взаимной информации, что позволяет определить направление потока информации между двумя временными рядами. Формально перенос энтропии из временного ряда  $Y$  в  $X$  задается выражением:

$$T_{Y \rightarrow X} = \sum p(x_{n+1}, x_n^{(k)}, y_n^{(l)}) \log \frac{p(x_{n+1} | x_n^{(k)}, y_n^{(l)})}{p(x_{n+1} | x_n^{(k)})}, \quad (1)$$

где  $x_{n+1}$  – значение переменной из временного ряда  $X$  в момент времени  $n + 1$ ,  $x_n^{(k)}$  – это  $k(l)$  запаздывание значения переменной в момент времени  $n$ .

Следует отметить, что делается предположение о том, что  $X$  является марковским процессом. Перенос энтропии позволяет определить долю информации  $Y$ , содержащей информацию о процессе  $X$ . Для реализации метода требуется достаточно большой объем информации, о транспортных потоках на региональном и федеральном уровнях.

Рассмотрим далее пример применения теоретико-информационного подхода для анализа воздушного движения между различными регионами для анализа сложности и неоднородности социально-экономической среды этих регионов.

В качестве авиатранспортных узлов были выбраны аэропорты г. Москва: Внуково, Домодедово и Шереметьево. Аэропорты г. Уфы, г. Екатеринбурга и г. Челябинска были выбраны в качестве региональных аэропортов. Статистические данные для пассажиропотока и грузопотока в этих аэропортах (с января по август 2018 года) представлены на рис. 1 и 2 [4].

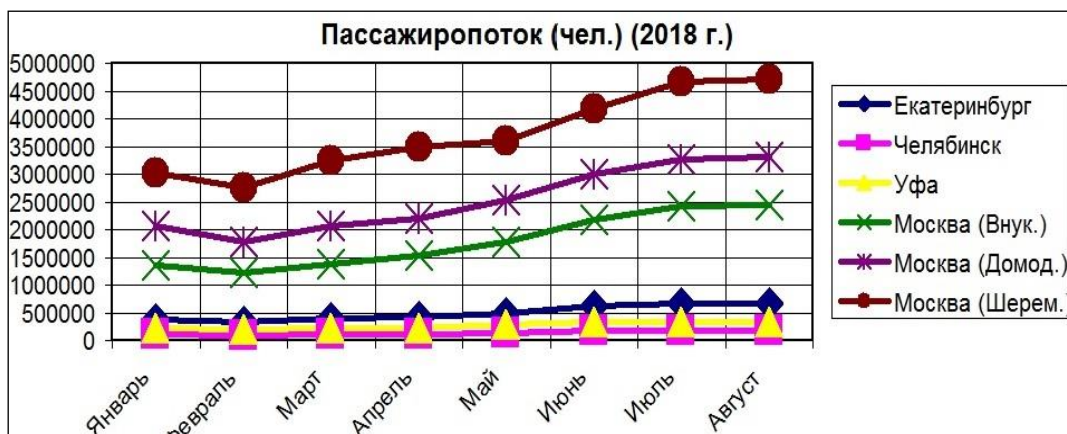


Рис. 1. Пассажиропотоки в аэропортах

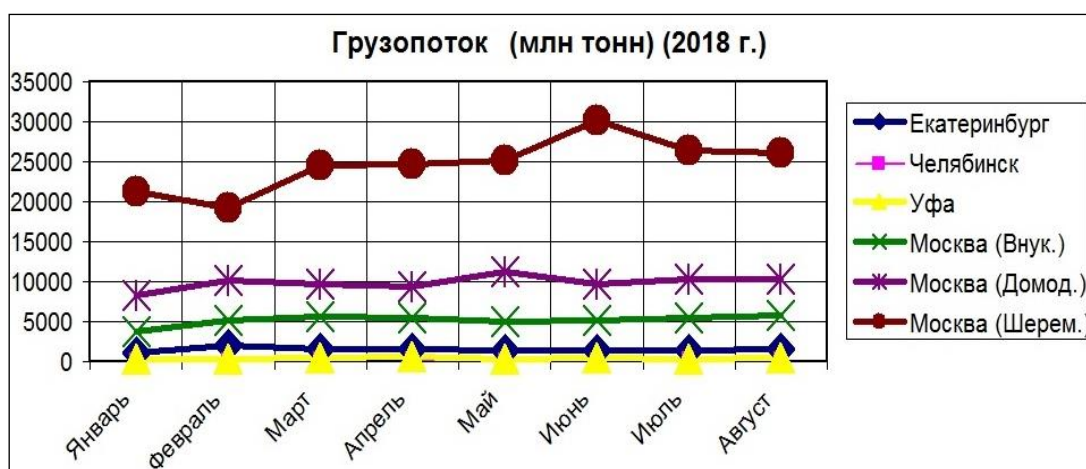


Рис. 2. Грузопотоки в аэропортах

Таблица 1

Результаты расчета переноса энтропии для выбранных наборов данных

	Екатеринбург	Челябинск	Уфа	Москва (Внук.)	Москва (Домод.)	Москва (Шерем.)
Екатеринбург	-	-	0,4 / 0	-	-	-
Челябинск	-	-	0,1 / 0	-	-	-
Уфа	0 / 0,2	0 / 0,3	0 / 0	0,3 / 0,53	0,3 / 0,56	0,5 / 0,2
Москва (Внук.)	-	-	0 / 0	-	-	-
Москва (Домод.)	-	-	0 / 0	-	-	-
Москва (Шерем.)	-	-	0 / 0	-	-	-

Были выполнены расчеты переноса энтропии (1) на основе статистических данных (рис. 1, 2). Результаты расчета представлены в табл. 1, из которой видно, что существует некоторая неоднородность для авиатранспортных узлов Москвы. Это следует из

направленных потоков пассажиров и грузов на примере Уфимского авиатранспортного узла. Анализ показал следующие результаты. Потоки суммарного движения конечных пассажиров из аэропортов Екатеринбурга и Челябинска через аэропорт Уфы направляются в аэропорт Шереметьево (Москва). Потоки общего движения грузов из аэропорта Уфы в основном направлены в аэропорт Домодедово (Москва) и аэропорт Внуково (Москва). Таким образом, можно заключить, что тенденцией развития крупномасштабных систем может являться общефедеральная интеграция ее элементов на основе единого логистического пространства.

Исследование частично поддержано грантом РФФИ 18-410-020003.

#### **Список использованной литературы:**

1. Над всей Россией нелётная погода. Как возродить региональные авиаперевозки? URL:[http://www.aif.ru/society/ptransport/nad\\_vsey\\_rossiey\\_nelyotnaya\\_pogoda\\_kak\\_vozrodit\\_regionalnye\\_aviaperevozki](http://www.aif.ru/society/ptransport/nad_vsey_rossiey_nelyotnaya_pogoda_kak_vozrodit_regionalnye_aviaperevozki) (Дата обращения 21.05.2019).
2. Valeev S., Kondratyeva N. Large scale system management based on Markov decision process and big data concept // Conference Proceedings: 2016 IEEE 10th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT) (Baku, Azerbaijan, 12-14 Oct. 2016) – Baku, 2016. С. 6-9.
3. Kondratyeva N.V., Valeev S.S. Simulation of the life cycle of a complex technical object within the concept of Big Data // CEUR Workshop Proceedings, vol. 1825. – 2016. С. 216-223.
4. Федеральное агентство воздушного транспорта. Воздушные перевозки. URL: <https://www.favt.ru/deyatelnost-vozdushnye-perevozki-stat-pokazately/> (дата обращения 21.05.2019).