

УДК 519.6

---

## ДЕКОМПОЗИЦИОННЫЙ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ТУРИСТСКИХ ПОТОКОВ<sup>1</sup>

---

**Кумратова Альфира Менлигуловна**, канд. экон. наук, доц.

**Попова Елена Витальевна**, д-р экон. наук, проф.

**Турлий Светлана Ивановна**, канд. экон. наук, доц.

**Дунская Лада Константиновна**, студент

Кубанский государственный аграрный университет, Калинина, 13, Краснодар, Россия, 350044; e-mail: alfa05@yandex.ru; elena-popov@yandex.ru

*Цель:* в настоящей статье предлагается использование математических методов декомпозиции и двухуровневого моделирования при разработке и адаптации математических методов и моделей многокритериального подхода для анализа временных рядов туристических потоков. *Обсуждение:* исследуются значения данных временного ряда туристического потока в горнолыжный поселок Домбай Карачаево-Черкесской Республики. Многоуровневый подход обусловлен тем фактом, что исходные статистические данные включают в себя временные ряды резко меняющихся показателей. Для таких данных принципиально неприемлемым является усреднение их численных значений. В силу этого обстоятельства объективно обусловленной становится необходимость выбора новых методов и подходов к моделированию и представлению получаемых прогнозных системных оценок, характеризующих динамику посещения туристической зоны. *Результаты:* в данной статье раскрывается экономическая привлекательность туристического направления п. Домбай на базе применения многокритериальных методов исследования.

**Ключевые слова:** туристический поток, декомпозиция, обобщенное решающее правило, многокритериальный подход, критерии риска.

**DOI:** 10.17308/meps.2019.5/2100

### Введение

Актуальность исследования и моделирования рекреационно-туристской деятельности вытекает из последствий сложившейся на настоящий момент международной политической обстановки и результатов

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-010-00134 А).

роста политической нестабильности в мире в целом и странах Ближнего Востока в частности. Излюбленные направления отдыха россиян перестают быть привлекательной туристической дестинацией. В противовес природные ландшафты большинства регионов России все больше привлекают как отечественных, так и иностранных туристов. По мнению авторов, причиной роста востребованности и интереса к внутренним туристско-рекреационным ресурсам РФ также является динамичное обновление сложившейся инфраструктуры ее туристско-рекреационных систем [1].

Авторский декомпозиционный подход к анализу временных рядов туристских потоков в своей базовой основе содержит классические методы статистики и теории вероятности.

На первом этапе анализа происходит планирование сбора данных, после чего аналитик переходит ко второму этапу – первичному и предварительному анализу (исследованию) [6].

Для предварительного исследования данные, называемые предпрогнозной информацией, должны быть представлены в виде временных рядов (ВР) показателей. Существуют некоторые проблемы, связанные с возможностью выделения временных рядов об исследуемой системе или процессе, однако благодаря предварительным подсчётам данные анализируются, описываются и обобщаются, после чего структурированная информация позволяет выбрать и обосновать оптимальные методы и подходы для дальнейшего анализа [9, 11, 12].

### Методология исследования

Для достижения цели исследования по выявлению закономерности и тенденции в динамике исследован один из основных целевых индикаторов и показателей, характеризующий деятельность зоны туризма и рекреации Карачаево-Черкесской Республики – внутренний туристический поток [1], который состоит из данных о ежедневном туристском потоке в пос. Домбай и представлен на рис. 1.

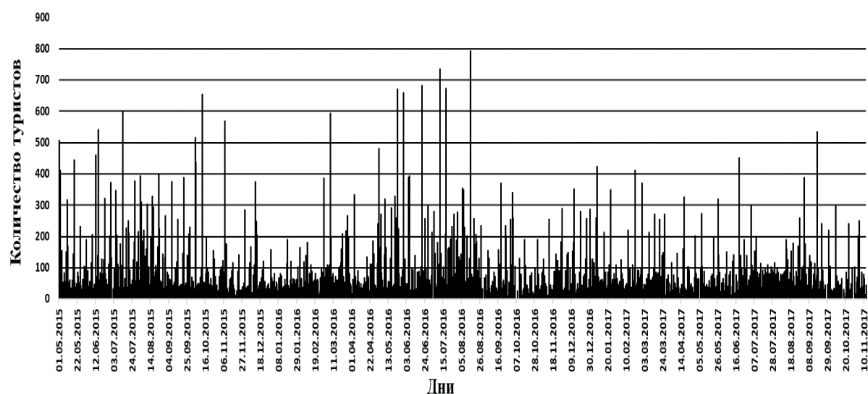


Рис. 1. Гистограмма ВР туристского потока в пос. Домбай за период с 01.05.2015 г. по 10.11.2017 г.

Чтобы характеризовать совокупность данных, нужно понимать необходимость точной информации. Для построения прогноза не подходят типичные значения или изменчивость совокупности предоставленных данных, которые обычно характерны для временных срезов. В процессе анализа полученных данных важную информацию несет непосредственно последовательность наблюдений, так как для построения прогноза необходимо знать, что произойдет на следующих шагах.

По итогам построения прогноза на основе данных по временному ряду, отражающему ежедневный объем туристского потока (на основе моделей поведения данной системы в прошлом), будет спрогнозировано наиболее близкое поведение системы [5].

Следующий шаг в исследовательской работе – построение предпрогнозной теории и выбор характеристик, наиболее влияющих и отражающих изменчивость исходного ВР, таких как коэффициенты эксцесса, вариации и асимметрии, которые в свою очередь способны дать многокритериальную оценку устойчивости (трендоустойчивость) динамики ВР [10]. К тому же немаловажными критериями в построении предпрогнозных характеристик стали выявленные факты наличия или отсутствия «тяжелого хвоста» [8] с его числовой оценкой. От данных критериев будет зависеть дальнейшая надежность прогнозирования.

При переходе на третий этап (оценка гипотез) было выявлено, что прогнозные закономерности следует выявлять для определенных комбинаций дней недели, это обусловлено мерой различия выбранных характеристик для каждого из вариантов комбинации.

Визуальная декомпозиция временного ряда представлена на рисунке 2 в разрезе семивершинного графа  $G = (V, E)$ ,  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_7\}$ , где  $v_i \in V$ ,  $i = 1, 7$ , т.е. ( $v_1$  – понедельник,  $v_2$  – вторник и т.д.).

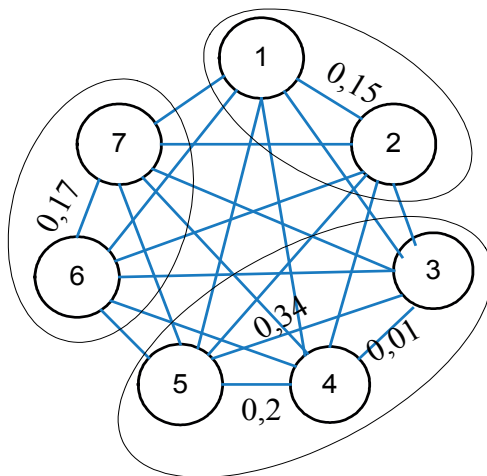


Рис. 2. Семивершинный взвешенный граф  $G$

Далее для каждой пары  $v_i, v_j \in V$  вычисляем коэффициент корреля-

ции  $k_{ij}$  между ВР, которые соответствуют этим вершинам. После чего каждому ребру  $e = (v_i, v_j) \in E$  приписывается вес  $w(e) = k_{ij}$ . При этом на рис. 2 все не помеченные весами ребра имеют незначительное значение, близкое к нулю либо отрицательное значение коэффициента корреляции, в связи с чем оптимальная кластеризация определяется следующим разбиением: (ПН, ВТ), (СР, ЧТ, ПТ), (СБ, ВС).

Далее реализуем четвертый этап исследования – проверка гипотез, а именно проведём сравнительный анализ рисков [8] статистических показателей, представленных в табл. 1.

Таблица 1

Рисковые статистические показатели декомпозиционных ВР

Временной ряд	Коэффициент вариации ( $\gamma$ )	Коэффициент асимметрии (А)	Коэффициент эксцесса (Е)	Коэффициент эксцесса за пределами «головы ВР» [ $M \pm 3\sigma$ ]
1	2	3	4	5
$V_1 = \{v_1, v_2\}$	0,58	1,74	6,68	4,05 (60,6%)
$V_2 = \{v_3, v_4, v_5\}$	0,57	1,43	5,34	3,35 (62,7%)
$V_3 = \{v_6, v_7\}$	0,62	0,98	3,58	1,48 (41%)

Согласно представленному выше рисковому показателю в столбце 4 наиболее устойчивым является третий ВР (СБ, ВС) с минимальным значением эксцесса, при этом стоит отметить, что вклад тяжелого хвоста в общее значение эксцесса также является минимальным.

Рассмотрим представленную задачу, основываясь на теории экономико-математического моделирования финансово-экономических рисков. Для этих целей проведем сопоставительный анализ статистических данных туристического потока в разные дни недели на базе методологии теории рисков.

В классических математических моделях оценки финансово-экономического риска в качестве основных показателей рассматриваются математическое ожидание (максимизируемый ожидаемый эффект) и дисперсия либо среднеквадратическое отклонение (минимизируемый риск).

Это же утверждение распространяется на такие дополнительные критерии риска, как коэффициенты асимметрии  $A = \sigma^{-3} \sum_{s=1}^n (W_s - M)^3 P_s$  и эксцесса  $E = \sigma^{-4} \sum_{s=1}^n (W_s - M)^4 P_s$ , где  $P_s$  – это вероятность (относительная

частота) появления численного значения случайной величины, равного  $W_s$ ,  $1 \leq s \leq n$ . Расчетные значения этих показателей для ВР ежедневного туристического потока по дням недели представлены в табл. 2.

Таблица 2

Рисковые статистические показатели декомпозиционных ВР

Статистические показатели	ВР «Понедельник»	ВР «Вторник»	ВР «Среда»	ВР «Четверг»	ВР «Пятница»	ВР «Суббота»	ВР «Воскресенье»
<i>MX</i>	63,8	61,26	57,22	94,06	93,61	135,78	209,79
<i>DX</i>	2468,46	2170,21	1192,47	6645,16	7931,8	10165,6	30237,5
<i>СКО</i>	49,68	46,58	34,53	81,52	89,06	100,82	173,88
<i>V</i>	0,77	0,76	0,6	0,86	0,95	0,74	0,83
<i>A</i>	2,92	2,01	1,79	2,34	2,61	1,43	1,31
<i>E</i>	15,26	8,52	8,18	10,07	11,32	5,41	4,35
<i>E [MX-ЗСКО; MX+ЗСКО]</i>	1,08	1,5	1,38	2,12	0,93	2,09	2,76
<i>E для X &gt; (MX+ЗСКО)</i>	14,18	7,02	6,8	7,95	10,38	3,31	1,58

Актуальным является вопрос разработки многокритериального подхода к оценке объема туристического потока в горнолыжный поселок Домбай. Основными составляющими этого подхода являются соответствующая экономико-математическая модель, а также совокупность методов ранжирования рассматриваемых ВР туристического потока в порядке убывания или возрастания их «экономического риска». Для построения соответствующей модели введем необходимые обозначения и сформулируем ряд определений.

В теории классической и многокритериальной оптимизации построение математической модели начинается с формального строгого определения множества допустимых решений  $V=\{v\}$ . Если придерживаться введенного правила обозначения дней недели, то символ  $V$  обозначает множество всех дней недели, в которые осуществляется заезд отдыхающих в горнолыжный поселок. Здесь символ  $v$  означает название дня недели, например, в случае упорядочения этих названий по последовательности наступления дня недели символ  $v_1$  означает временной ряд данных о количестве туристов, въезжающих в поселок по понедельникам и т.д.

Основной составляющей многокритериальной модели является векторная целевая функция (ВЦФ):

$$F(v) = (F_1(v), F_2(v), \dots, F_n(v)), \quad (1)$$

состоящая из максимизируемых критериев:

$$F_i v \rightarrow \max, i=1, N_1, N_1 \leq N, \quad (2)$$

и, возможно, минимизируемых критериев:

$$F_{i \rightarrow \min}, i=N1+1, N. \quad (3)$$

В работе в качестве максимизируемых критериев (2) рассматриваются, например, все приведенные в табл. 1 показатели, выражаемые соответствующими коэффициентами. Чем больше значение этих критериев, тем более привлекательным является день недели для заезда туристов в горнолыжный поселок Домбай.

В качестве критериев (3) могут рассматриваться, например, минимизируемые критерии риска [3, 4, 8].

В окончательном представлении список критериев, входящих в состав векторной целевой функции, имеет следующий вид:

$F_1 = M_i \rightarrow \max$  – критерий математического ожидания туристического потока по дням  $i$ ;

$F_2 = \sigma_i \rightarrow \max$  – критерий среднеквадратического отклонения ожидаемого туристического потока;

$F_3 = A_i \rightarrow \max$  – критерий коэффициента асимметрии ожидаемого туристического потока;

$F_4 = E_i \rightarrow \max$  – критерий коэффициента эксцесса ожидаемого туристического потока.

Подводя итоги реализации многокритериального подхода, авторами предлагается расставить дни недели в порядке возрастания их привлекательности с помощью методов теории выбора и принятия решений [3, 8]. В качестве конкретного метода применим обобщенное решающее правило. Выполненное ранжирование временных рядов дней недели с точки зрения возрастания потока туристов представим в виде следующего результата:  $v_3, v_2, v_1, v_4, v_5, v_6, v_7$  (в соответствии с рис. 3).

Имя объекта	F1	F2	F3	F4
Понедельник	63,8	49,68	2,92	15,26
Вторник	61,26	46,58	2,01	8,52
Среда	57,22	34,53	1,79	8,18
Четверг	94,06	81,52	2,34	10,17
Пятница	93,61	89,06	2,61	11,32
Суббота	135,78	100,82	1,43	5,41
Воскресенье	209,79	173,88	1,31	4,35

**Ответ: Среда, Вторник, Понедельник, Четверг, Пятница, Суббота, Воскресенье.**

Рис. 3. Ранжирование временных рядов по дням деловой активности посещения горнолыжного поселка Домбай

## Обсуждение результатов

С точки зрения уменьшения «степени риска» или увеличения привлекательности наиболее важными оказались выходные дни – суббота и воскресенье, что подтверждается логикой. Воскресенье является наиболее посещаемым днем, т.к. это день коротких двух-, трехчасовых экскурсий. Более значимыми по «степени риска» оказались такие дни, как среда и вторник, что также полностью коррелирует с логикой отдыхающих, заезжающих на длительный период пребывания. Более равномерную «загруженность» горнолыжного курорта могут обеспечить так называемые событийные составляющие, а именно, проведение тематических праздников, соревнований и т.д.

## Список источников

1. Богатин Ю.Б. *Оценки эффективности бизнеса и инвестиций*. Москва, ЮНИТИ, 1999.
2. «Государственная программа «Развитие туризма, курортов и молодежной политики Карачаево-Черкесской Республики на 2016-2020 годы» (с изменениями на 31.05.2018).
3. Кумратова А.М. Методы многокритериальной оптимизации и классической статистики для оценки риск-экстремальных значений // *Известия Кубанского государственного университета. Естественные науки*, 2014, no. 1, с. 55-60.
4. Кумратова А.М. *Модели и методы нелинейной динамики прогнозирования развития рынка НОД*. Краснодар, КубГАУ, 2016.
5. Кумратова А.М. Теория и практика моделирования, анализа и прогнозирования эволюционных социально-экономических систем методами нелинейной динамики // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*, 2017, no. 69, с. 30-35.
6. Липсиц И.В. *Инвестиционный проект: методы подготовки и анализа*. Москва, Изд-во БЕК, 1996.
7. Лукасевич И.Я. *Анализ финансовых операций. Методы, модели, техника вычислений*. Москва, Финансы, ЮНИТИ, 1998.
8. Перепелица В.А. *Математические модели и методы оценки рисков экономических, социальных и аграрных процессов*. Ростов-на-Дону, Изд-во Рост. ун-та, 2002.
9. Петерс Э. *Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка*. Москва, Мир, 2000.
10. Попова Е.В. Выявление тренд-сезонных компонент во временных рядах экономических процессов // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2018, no. 6 (102), с. 20-30.
11. Сигэл Э. *Практическая бизнес-статистика*: пер. с англ. Москва, Вильямс, 2002.
12. Соловьев В.И. Современные подходы к учету случайности, неопределенности и риска при анализе макроэкономических процессов // *Вестник университета (Государственный университет управления)*, 2001, no. 1 (2), с. 228-242.

---

# DECOMPOSITION MULTI-CRITERIA APPROACH TO THE ANALYSIS OF TIME SERIES OF TOURIST FLOWS

---

**Kumratova Alfira Menligulovna**, Cand. Sc. (Econ.), Assoc. Prof.

**Popova Elena Vital'evna**, Dr. Sc. (Econ.), Full Prof.

**Turliy Svetlana Ivanovna**, Cand. Sc. (Econ.), Assoc. Prof.

**Dunskaya Lada Konstantinovna**, student

Kuban State Agrarian University, Kalinina st., 13, Krasnodar, Russia; e-mail: alfa05@yandex.ru; elena-popov@yandex.ru

*Purpose:* this article proposes the use of mathematical methods of decomposition and two-level modeling in the development and adaptation of mathematical methods and models of multi-criteria approach for the analysis of time series of tourist flows. *Discussion:* the authors study the values of the data of the time series of tourist flow to the ski village Dombay Karachay-Cherkess Republic. The multilevel approach is due to the fact that the initial statistics include time series of rapidly changing indicators. Such data is fundamentally unacceptable to use the average of their numerical values. In virtue of this fact becomes objective due to the necessity of finding new methods and approaches to modeling and representation of the resulting predictive system estimates characterizing the dynamics of a visit to the tourist area. *Results:* this article reveals the economic attractiveness of the tourist destination of village Dombai on the basis of multi-criteria research methods.

**Keywords:** tourist flow, decomposition, generalized decision rule, multi-criterial approach, risk criteria.

## References

1. Bogatin Y.B. *Otsenki effektivnosti biznesa i investitsii* [Evaluate the effectiveness of business and investment]. Moscow, UNITY, 1999. (In Russ.)
2. State program «Razvitie turizma, kurortov i molodezhnoy politiki Karachaevo-Cherkesskoy Respubliki [Development of tourism, resorts and youth policy of the Karachay-Cherkessia Republic for 2016-2020]». (In Russ.)
3. Kumratova A.M. Metody mnogo-kriterial'noy optimizatsii i klassicheskoy statistiki dlya ocenki risk-ekstremal'nyh znacheniy [Multiobjective optimization Methods and classical statistics to estimate the risk of extreme values]. *Proceedings of the Kuban State University. Natural science*, 2014, no. 1, pp. 55-60. (In Russ.)
4. Kumratova A.M. Modeli i metody nelineynoy dinamiki prognozirovaniya razvitiya rynka HOD [Models and methods of nonlinear dynamics forecasting market development HOD]. Krasnodar: Kubsau, 2016. (In Russ.)
5. Kumratova A.M. Teoriya i praktika modelirovaniya, analiza i prognozirovaniya evolyucionnyh social'no-ekonomicheskikh system metodami nelineynoy dinamiki [Theory and practice of modeling, analysis and prediction of evolutionary socio-economic systems by methods of nonlinear dynamics]. *Proceedings of Kuban state*



*agrarian University*, 2017, no. 69, pp. 30-35. (In Russ.)

6. Lipsits I.V. *Investicionniy proekt: metodi podgotovki i analiza* [Investment project: methods of preparation and analysis]. Moscow, Publishing house BEK, 1996.

7. Lukasevich I.Ya. *Analiz finansovykh operatsiy. Metodi, modeli, tehnika vychisleniy* [Analysis of financial transactions. Methods, models, computing techniques]. Moscow, Finansy, UNITI, 1998. (In Russ.)

8. Perepelitsa V.A. *Matematicheskie modeli i metody otsenki riskov ekonomicheskikh, social'nykh i agrarnykh processov* [Mathematical models and methods of risk assessment of economic, social and agricultural processes]. Rostov n/D, Of Rostov state University, 2002. (In Russ.)

9. Peters E. *Haos i poryadok na rynkakh kapitala. Noviy analiticheskiy vzglyad na cikly, ceny i izmenchivost' rynka* [Chaos and

order in capital markets. New analytical view of cycles, prices, and market volatility]. Moscow, World, 2000.

10. Popova E.V. *Viyavlenie trend-sezonnykh component vo vremennykh ryadah ekonomicheskikh processov* [Identify trend seasonal component in time series of economic processes]. *Modern economy: problems and solutions*, 2018, no. 6 (102), pp. 20-30. (In Russ.)

11. Shigel E. *Prakticheskaya biznes-statistika* [Practical business statistics]. Moscow, Williams, 2002.

12. Soloviev V. I. *Sovremenniye podhodi k uchetu sluchaynosti, neopredelennosti i riska pri analize macroeconomicheskikh processov* [Modern approaches to accounting for randomness, uncertainty and risk in the analysis of macroeconomic processes]. *Vestnik Universiteta (State University of management)*, 2001, no. 1 (2), pp. 228-242. (In Russ.)