

Практическое использование адаптивных моделей в туризме

Демин А.А., Семенова Ю.А.

Важнейшей бюджетобразующей отраслью многих государств и регионов (в том числе и Автономной республики Крым) является туризм. Сегодня туристический бизнес использует примерно 7% мирового капитала, а доля туризма составляет более 10% мировой торговли товарами и услугами [1]. Это обусловлено тем, что последние десятилетия в туристическом бизнесе наблюдается экспоненциальный рост туристов. При этом число международных туристов во всем мире в среднем возрастает на 6% ежегодно [2]. Подобная картина также характерна для многих регионов и территорий. [3]. Моделирование процессов происходящих в туристическом бизнесе становится необходимостью, поскольку способствует изучению факторов стабильности и роста, позволяет выполнять прогнозные оценки. Результаты моделирования необходимы для выработки стратегии, принятия деловых решений и планирования в туристической сфере на различных уровнях.

Основными объектами моделирования в туризме являются количество прибывающих туристов и показатели, связанные с сезонностью индустрии отдыха. Из них наиболее важную роль играет количество туристов, прибывающих на отдых, т.к. представляет собой макроэкономический показатель, на основании которого строятся все последующие оценки. Целью настоящей работы является анализ основных направлений моделирования количества прибывающих туристов, выработка рекомендаций по использованию отдельных методик.

Наибольшее распространение в туризме получили простые эконометрические модели, параметры которых оцениваются при помощи метода наименьших квадратов [4,5]. Традиционный вид таких моделей – различные регрессионные уравнения. Ранее нами на основе анализа числа прибытия туристов по различным мировым регионам было показано, что подобные модели обеспечивают приемлемую точность и обладают неплохими прогнозными качествами [6]. Наилучшим образом число прибытия туристов описывается уравнениями второго порядка. При этом следует отметить тот факт, что выбор формы регрессионного уравнения имеет большее значение, чем оценивание его параметров. Дальнейшее исследование позволило также установить, что регрессионные уравнения удобны, если приходится иметь дело с данными, которые монотонно возрастают или убывают. Если же данные характеризуются наличием пиковых значений, то применение регрессионных уравнений не столь эффективно, т.к. приводит к ошибкам более 20% при краткосрочных прогнозах. В ряде работ [7] отмечается, что многочисленные данные, входящие в регрессионные уравнения (цены, доходы, курсы валют и др.) являются динамически изменяющимися нестационарными величинами, между которыми существует взаимозависимость. Игнорирование проблемы стационарности приводит к тому, что параметрические тесты (в частности, t-тесты и F-тесты) становятся ненадежными и могут давать ошибочные результаты. Но, несмотря на имеющиеся ограничения, полностью отказываться от регрессионных уравнений нецелесообразно, т.к. при определенных обстоятельствах они являются наиболее простыми, эффективными и удобными.

Существенным вопросом математического моделирования в туризме является вопрос достижения равновесия (насыщения) в явлениях, поскольку равновесие означает достижение стабильных цен, при которых уравновешивается спрос и предложение [8]. Если принять гипотезу о возможности достижения равновесия, то придется искать для моделей форму уравнений с асимптотическим приближением к некоторой линии насыщения. Однако, на протяжении последних двадцати лет сам туризм и цены (на авиаперевозки, отели и др.) претерпели значительную трансформацию, наблюдается устойчивый тренд роста, и потому к туризму пока неправомерно применять термин «насыщение».

Перспективным направлением в моделировании процессов туризма является использование диффузионных моделей. Сегодня диффузионные модели применяются в таких отличающихся друг от друга сферах как маркетинг, менеджмент, технологии информационного бизнеса [9,10].

Пусть $f(t)$ - функция вероятности приобретения потенциальными туристами тура в момент времени t , а $F(t)$ - функция вероятности, описывающая долю потенциальных туристов в населении в тот же момент времени. Тогда $f(t)/[1 - F(t)]$ - условная вероятность прибытия некоторого количества туристов в указанный момент времени t . Можно предположить, что эта условная вероятность может быть описана линейной зависимостью от $F(t)$, т.е. $f(t)/[1 - F(t)] = a + b \cdot F(t)$. Если обозначить через N^* - общее число потенциальных туристов среди населения, то число прибытия туристов в момент времени t будет $A_t = N^* \cdot f(t)$, тогда, как число потенциальных туристов $N_t = N^* \cdot F(t)$. Несложные преобразования приводят к выражению вида $A_t = a(N^* - N_t) + b \cdot N_t(N^* - N_t) / N^*$. Туристическая статистика не позволяет дифференцировать новых туристов и повторно прибывающих. В первом приближении можно предположить, что число повторных туристов пропорционально N^* , т.е. $Z_t = d \cdot N_t$. Тогда общее число прибытия туристов

$$Y_t = A_t + Z_t = a(N^* - N_t) + b \cdot N_t(N^* - N_t) / N^* + d \cdot N_t. \quad (1)$$

Следующий этап создания модели – включение в нее факторных признаков (переменных). Наиболее простой путь – описать N^* как функцию факторных признаков в логарифмической форме

$$\ln(N_t^*) = b_0 + b_1 \ln(X_{1t}) + b_2 \ln(X_{2t}) + \dots + b_k \ln(X_{kt}) \quad (2)$$

Можно также записать Y_t как квадратичную функцию N_{t-1}

$$Y_t = a \cdot N^* + (b + d - a)N_{t-1} - (b / N^*)N_{t-1}^2 \quad (3)$$

Подставляя (2) в (3) получим

$$Y_t = a \cdot \exp[b_0 + \sum_{i=1}^k b_i X_i] + (b + d - a)N_{t-1} - bN_{t-1}^2 / \exp[b_0 + \sum_{i=1}^k b_i X_i] \quad (4)$$

Если ввести обозначения $\alpha = a \cdot \exp(b_0)$, $\beta = (b + d - a)$ и $\gamma = b / \exp(b_0)$, то получим следующее окончательное выражение

$$Y_t = \alpha \cdot \exp[\sum_{i=1}^k b_i X_i] + \beta N_{t-1} - \gamma N_{t-1}^2 / \exp[\sum_{i=1}^k b_i X_i] \quad (5)$$

Оценить параметры a , b и d на основании значений α , β и γ невозможно из-за проблемы определения b_0 . Для оценки параметров полученной модели не применимы методы, используемые в случае регрессионных уравнений, т.к. имеет место параметрическая нелинейность. В данном случае должны использоваться нелинейные методы, что значительно усложняет работу с моделью. Главным достоинством модели, записанной в такой форме, является ее полная непротиворечивость в условиях нестационарности данных.

Альтернативной формой моделей, которая с недавних пор привлекает внимание исследователей, является нейронная сеть [11]. Для такой модели характерно использование значительного числа факторных признаков, которые являются независимыми переменными, и одной целевой переменной. При этом не описывается напрямую форма зависимости целевой переменной как функция факторных признаков, а используется значительное число промежуточных переменных, причем может зачастую использоваться не один их набор. В модели осуществляется внутренняя оценка взаимозависимости переменных. Форма взаимозависимости может носить как линейный, так и нелинейный характер. Опыт использования нейронных сетей для моделирования процессов в туризме пока не позволяет утверждать, что такой подход способен решить все проблемы. Это объясняется тем фактом, что данный подход не позволяет полностью отказаться от регрессионных уравнений, которые необходимы для оценки внутренней взаимосвязи переменных, и тем, что требуется значительное количество ретроспективных данных по туризму, т.е. при ограниченной базе данных модель не эффективна.

Значительную проблему при использовании рассмотренных моделей на практике представляет подбор факторных признаков. Он является специфическим для каждого региона и определяется окружающими территориями, уровнем развития самого региона, уровнем сервиса и др. Например, для Австралии [12] доминирующими факторами являются реальный уровень доходов, открытость для торговли, привлекательность импорта, относительный уровень цен, отдых и развлечения и др. Набор факторных признаков всегда будет характеризоваться неполнотой. Другой крупной проблемой является использование в моделях разнородных натуральных показателей, характер изменения которых зачастую непредсказуем и которые бывают взаимозависимыми. Все это накладывает серьезные ограничения на туристические модели, в частности, их прогнозные качества могут быть недостаточно высокими.

Нами исследован вопрос о возможности применения адаптивных статистических моделей для получения оценок числа прибывших туристов. Для таких моделей характерным является использование статистических данных по количеству прибывших туристов за некоторый ретроспективный период. Достоинством такого подхода, с нашей точки зрения, является тот факт, что статистические данные отражают действие абсолютно всех сколько-нибудь значимых факторов. Более того, данные модели обладают неплохими прогнозными качествами, поскольку учитывают инерционность и запаздывание влияния факторных признаков. По совокупности признаков адаптивные статистические модели могут быть отнесены к динамическим прогнозным моделям.

Первичный анализ ретроспективных данных о количестве прибытия туристов в различные регионы показывает, что характер изменения данных соответствует линейно-аддитивным типам трендов. Поэтому для исследования были выбраны модель Холта и модель адаптивного сглаживания Брауна [13].

В линейно-аддитивной модели тренда предполагается, что среднее значение прогнозируемого показателя f_t изменяется согласно линейной функции времени $f_t = \mu + \lambda \cdot t + \varepsilon_t$, где μ - среднее процесса; λ - скорость роста/убывания; ε_t - случайная ошибка. Метод Холта основан на оценке параметра – мере степени линейного роста или падения показателя во времени. При этом фактор роста λ оценивается

по коэффициенту b_t , который в свою очередь, вычисляется как экспоненциально взвешенное среднее разностей между текущими экспоненциально взвешенными средними значениями процесса u_t и их предыдущими значениями u_{t-1} . Характерная особенность данного метода - вычисление текущего значения экспоненциально взвешенного среднего u_t включает в себя вычисление прошлого показателя роста b_{t-1} , адаптируясь, таким образом, к предыдущему значению линейного тренда. Модель может быть записана в следующем виде

$$u_t = A \cdot d_t + (1 - A)(u_{t-1} + b_{t-1}), \quad b_t = B \cdot (u_t - u_{t-1}) + (1 - B) \cdot b_{t-1}, \quad (6)$$

где A и B - коэффициенты, определяющие характер сглаживания данных, d_t - фактическое значение данных.

В основу метода адаптивного сглаживания Брауна положена идея, что можно задать некоторый параметр γ такой, что взвешенная сумма отклонений между наблюдаемыми и ожидаемыми значениями становится минимальной

$$\sum_{i=1}^{\infty} \gamma^i \cdot (d_{t-i} - f_{t-i})^2 = \min \quad (7)$$

Брауном показано, что $u_t = u_{t-1} + b_{t-1} + (1 - \gamma^2) \cdot e_t$, где $e_t = d_t - f_t$, f_t - прогнозируемое значение, $b_t = b_{t-1} + (1 - \gamma)^2 \cdot e_t$. Значение γ Браун рекомендует принимать приблизительно равным 0,7-0,8.

Прогноз в данных моделях определяется суммированием оценки среднего текущего значения u_t и ожидаемого показателя роста b_t , умноженного на период упреждения τ , т.е. $f_{t+\tau} = u_t + b_t \cdot \tau$.

Для проверки прогностических качеств модели Холта и модели адаптивного сглаживания нами проведен численный сравнительный анализ. В качестве ретроспективной базы данных были использованы сведения ВТО по региональному развитию туризма [14]. Анализировались показатели по прибытию туристов и по поступлениям средств от туризма для основных мировых регионов (согласно классификации ВТО), а именно: Европы, Америки, Восточной Азии и Тихоокеанского региона, Ближнего Востока, Африки и Южной Азии.

Брались данные за период с 1985 года по 1996 год и на их основании выполнялись прогнозные оценки на 1997 и 1998 годы по ранее полученным регрессионным уравнениям [6], а также по моделям Холта и Брауна. Результаты расчетов сопоставлялись с фактическими данными за 1997 и 1998 годы [15], приведенными в Таблице 1.

Табл. 1 Данные о прибытии туристов и о поступлениях от туризма за 1997 год.

Регион	Прибытие, млн.ч./ Поступления, млрд.\$.[15]	
	1997 г.	1998 г.
Америка	118,481	120,190
	118,770	121,230
Восточная Азия и Тихоокеанский регион	87,953	86,930
	76,630	73,740
Ближний Восток	14,833	15,620
	9,140	9,720
Африка	23,157	24,900
	9,020	9,550
Южная Азия	4,830	5,070
	4,280	4,400
Весь мир	610,763	625,24
	435,980	444,740

Предварительно также выполнялась настройка исследуемых моделей, заключающаяся в подборе коэффициентов сглаживания A и B для модели Холта и коэффициента γ для модели Брауна на тестовых задачах. Установлено, что наиболее приемлемыми значениями являются $A = 0,3$, $B = 0,4$ и $\gamma = 0,7$.

В Таблице 2 приведены результаты расчетов по количеству прибывших туристов в различные регионы. Видно, что в целом, как регрессионные уравнения, так и анализируемые модели обладают неплохими

прогнозируемыми качествами. При этом следует отличать краткосрочные прогнозы на один период (один год) и среднесрочные прогнозы (на два года).

Для краткосрочных прогнозов более точные результаты дают модели Холта и Брауна. Наименьший диапазон разброса значений обеспечивает модель адаптивного сглаживания Брауна, которой свойственно «сосредотачиваться» на тренде. Менее точные результаты дают регрессионные уравнения. Но, тем не менее, их вполне можно использовать как первое приближение при прогнозировании.

К подобному выводу приводит и анализ среднесрочных прогнозов, где также наиболее точные результаты дает модель адаптивного сглаживания. Характерной особенностью адаптивных моделей является наличие как завышенных оценок (со знаком «-» в таблице), так и заниженных, тогда как для регрессионных уравнений как правило оценки завышены. Это объясняется действием фактора выбора формы кривой при аналитическом выравнивании.

Табл. 2. Результаты расчетов числа прибытия туристов по различным моделям.

Регион	Регрессионное уравнение [6], 1997/1998 гг.		Модель Холта [13], 1997/1998 гг.		Модель адаптивного сглаживания Брауна[13], 1997/1998 гг.	
	млн.чел.	погр. %	млн.чел.	погр. %	млн.чел.	погр. %
Америка	117,429	0,9	122,215	-3,2	119,075	-0,5
	119,768	0,4	126,517	-5,3	122,809	-2,2
Восточная Азия и Тихоокеанский регион	98,265	-11,7	94,957	-8,0	93,163	-5,9
	106,804	-22,2	102,3	-17,0	98,617	-12,8
Ближний Восток	16,625	-12,1	14,057	5,2	14,723	0,7
	19,028	-21,8	15,566	0,3	15,744	-0,8
Африка	20,247	12,6	21,536	7,0	20,535	11,3
	20,672	17,0	22,489	9,7	21,316	14,4
Южная Азия	4,789	0,2	4,583	4,5	4,565	4,9
	5,117	-0,9	4,837	4,6	4,751	6,3
Весь мир	612,277	-0,2	624,821	-2,3	610,069	0,1
	633,694	0,5	651,851	-2,4	631,820	0,8

В Таблице 3 приводятся прогнозные оценки поступлений от туристической деятельности по регионам. Можно утверждать, что здесь нельзя отдать предпочтение ни одной методике. Они показывают приблизительно одинаковые результаты. Характер оценок свидетельствует о корректности и регрессионных уравнений. Следует учитывать, что прогнозные оценки выполнялись для периода, когда в некоторых туристических регионах наблюдался некоторый экономический спад. Поэтому при наличии устойчивого тренда роста следует ожидать более точных оценок. Вместе с тем, можно высказать предположение, что оценка поступлений от туристической деятельности имеет определенную специфику и требует разработки особых методов прогноза.

Табл. 3. Результаты расчетов числа прибытия туристов по различным моделям

Регион	Регрессионное уравнение [6], 1997/1998 гг.		Модель Холта [13], 1997/1998 гг.		Модель адаптивного сглаживания Брауна[13], 1997/1998 гг.	
	млрд.\$	погр. %	млрд.\$	погр. %	млрд.\$	погр. %
Америка	115,141	3,1	119,051	-0,2	112,981	4,9
	121,539	-0,3	126,889	-4,7	119,079	1,8
Восточная Азия и Тихоокеанский регион	89,257	-16,5	84,744	-10,0	84,226	-9,9
	99,000	-34,3	93,035	-26,2	90,526	-22,8
Ближний Восток	8,328	8,9	7,231	20,9	7,710	15,6
	9,229	5,0	7,769	20,1	8,089	16,8
Африка	7,833	13,2	8,051	10,7	7,863	12,8
	8,207	14,1	8,533	10,7	8,261	13,5
Южная Азия	4,390	-2,6	3,833	10,4	3,972	7,2
	4,963	-12,8	4,203	4,5	4,236	3,7

Весь мир	445,150	-2,1	448,383	-2,8	438,325	-0,5
	474,829	-6,8	480,365	-8,0	464,049	-4,3

Нам интересным представляется и тот факт, что наличие неравномерности региональных экономических процессов в туризме практически не оказывает влияния на прогнозные оценки. Данный факт является еще одним подтверждением возможности применения модели Холта и модели адаптивного сглаживания для получения прогнозов.

Резюмируя итоги исследования вопроса о применении адаптивных методов математического моделирования в туризме можно утверждать, что удалось получить ряд результатов, среди которых хотелось бы отметить следующие:

1. Перспективным направлением в моделировании процессов в туризме наряду с диффузионными и эконометрическими моделями является использование моделей, описывающих линейно-аддитивный тренд, т.е. модели Холта и модели аддитивного сглаживания Брауна.
2. Подтверждено, что регрессионные уравнения позволяют получать корректные прогнозные оценки в туризме (погрешность, как правило, не превышает 20%). При этом происходит некоторое завышение оценки.
3. Установлено, что наиболее точной из рассмотренных методик является модель адаптивного сглаживания. Она позволяет получать корректные прогностические оценки, погрешность которых не превышает, как правило, 10%. Данной модели не свойственно одностороннее (постоянное) завышение или занижение оценок.
4. Неравномерность региональных экономических процессов в туризме не оказывает значительного влияния на характер использования адаптивных моделей.
5. При анализе данных различных регионов нет необходимости выполнять дополнительную оценку и корректировку параметров моделей, что подтверждает их общий характер.
6. Вопрос прогнозирования поступлений от туристической деятельности требует дополнительного изучения, т.к. рассмотренные модели позволяют получить только приближенные оценки.

Литература

1. Папирян Г.А. Международные экономические отношения. Экономика туризма. - М., Финансы и статистика, 1998, 208с.
 2. R.R.Bar-On Databank: global tourism trends – to 1996. *Tourism Economics*, V.3, №3, 1997, pp. 289-300.
 3. J.Fletcher, J.Latham Databank: Global tourism trends *Tourism Economics*, V.3, №1, 1997, pp. 83-88.
 4. G.I.Crouch The study of international tourism demand: a survey of practice. *Journal of Travel Research*, 1994, V.32, pp. 41-45.
 5. C.Lim Review of international tourism demand models. *Annals of Tourism Research*, V.24, 1997, pp.835-849.
 6. Демин А.А., Семенова Ю.А. Экономико-статистическое моделирование и прогнозирование в туризме. Ученые записки Таврического национального университета им.В.И.Вернадского, №13(52), Том 1.- С.186-192.
 7. P.C.B.Philips Understanding spurious regressions in econometrics, *Econometrica*, 1986, pp.311-340.
 8. P.A. Samuelson Economics: An Introductory Analysis. Mc-Graw-Hill, New York, 1964, p.63.
 9. V.Mahajan, E.Muller, F.M.Bass New product diffusion models in marketing: a review and directions for research. *Journal of Marketing*, V.54, 1990, pp.1-26.
 10. A.G.Woodside, S.Lyonski A general model of traveler destination choice. *Journal of Travel Research*, V.27, 1989, pp. 8-14.
 11. C.L.Morley Demand modelling methodologies: integration and other issues. *Tourism Economics*, V.5, №1, 1999, pp. 5-19.
 12. N.Kulendran, K.Wilson Modelling business travel. *Tourism Economics*, V.6, №1, 2000, pp. 47-59.
 13. Колин Л. Методы прогнозирования экономических показателей. – М., Финансы и статистика, 1986.-130с.
 14. Compendium of Tourism Statistics/WTO – Madrid, 1996.
- R.R.Bar WTO's International Tourism Summerly for 1998: East Asia and the Pacific. *Tourism Economics*, V.5, №3, 1999, pp. 293-315.