

Применение искусственных нейронных сетей для моделирования спроса на досуговые и развлекательные услуги

¹ Наталия Степановна Матющенко

² Андрей Сергеевич Копырин

¹ Сочинский государственный университет, Россия
354000, Краснодарский край, г. Сочи, ул. Советская, 26 а
Кандидат экономических наук, доцент
E-mail: subtropic777@rambler.ru

² Сочинский государственный университет, Россия
354000, Краснодарский край, г. Сочи, ул. Советская, 26 а
Кандидат экономических наук, старший преподаватель
E-mail: kopyrin_a@mail.ru

Аннотация. По результатам опроса туристов 2009–2012 гг. на территории городов-курортов Краснодарского края построена нейросетевая модель, позволяющая проводить сценарное прогнозирование спроса на развлекательные и досуговые услуги в зависимости от демографических характеристик потенциального потребителя.

УДК 338.48

Ключевые слова: досуг и развлечения, искусственные нейронные сети, моделирование спроса, туристы.

Введение. В настоящее время для предприятий критически важно определить свою рыночную нишу, то есть тот социально-экономический слой людей, который наиболее заинтересован в использовании товара или услуги предприятия. Это особенно необходимо в сфере досуга и развлечений, где присутствует острая конкуренция и широкий спектр разнообразных услуг, что приводит к сильной дифференциации потребителей.

В течение 2009–2012 гг. на территории городов-курортов Сочи, Анапа и Геленджик Краснодарского края проводился выборочный опрос туристов с целью выявления особенностей и закономерностей развития рынка услуг досуга и развлечений в туристских дестинациях, в ходе которого были получены данные от 4800 респондентов.

Однако указанная задача определения рыночной ниши организаций, оказывающих развлекательные услуги, является нетривиальной по целому ряду причин: 1) отсутствие объективной информации о предпочтениях потребителя; 2) сложность выделения вариативных показателей разделения клиентов по группам; 3) нелинейность зависимости между показателями. Таким образом, использование традиционных методов анализа и моделирования не всегда является эффективным.

Целью данной работы является разработка инструмента, позволяющего проанализировать взаимозависимости между переменными, описывающими характеристики потребителя, и его предпочтениями и платежеспособным спросом на развлекательные услуги. Для достижения указанной цели необходимо выполнение следующих задач: 1) сбор данных о предпочтениях потребителей в сфере досуга и развлечений; 2) анализ и обработка полученной информации; 3) построение искусственной нейронной сети по обработанным данным.

Описание методики

Современные цифровые вычислительные машины превосходят человека по способности производить числовые и символьные вычисления. Однако человек может без усилий решать сложные задачи восприятия внешних данных намного эффективнее компьютеров. Искусственные нейронные сети (ИНС) можно рассматривать как современные вычислительные системы, которые преобразуют информацию по образу процессов, происходящих в мозгу человека. Обработываемая информация имеет численный характер, что позволяет использовать нейронную сеть, например, в качестве модели объекта с совершенно неизвестными характеристиками.

Исследования в области ИНС развивались в три основных этапа [1]. Первый этап в 1940-х годах обусловлен работой МакКаллока и Питтса. Второй возник в 1960-х благодаря

теореме сходимости перцептрона Розенблатта и работе Минского и Пейперта, указавшей ограниченные возможности простейшего перцептрона. С начала 1980-х годов ИНС вновь привлекли интерес исследователей, что связано с энергетическим подходом Хопфилда и алгоритмом обратного распространения для обучения многослойного перцептрона (многослойные сети прямого распространения), впервые предложенного Вербосом и независимо разработанного рядом других авторов.

Нейронные сети в настоящее время используются везде, где нужно решать задачи прогнозирования, классификации или автоматизации. Такой успех определяется несколькими причинами.

1. Нейронные сети позволяют воспроизводить чрезвычайно сложные зависимости. Нейросети нелинейны по своей природе.

2. Простота в использовании. Большинство нейронных сетей учится на примерах. Пользователь нейронной сети подбирает представительные данные, а затем запускает алгоритм обучения, который автоматически воспринимает структуру данных. Соответственно уровень знаний, необходимый для успешного применения нейронных сетей, гораздо скромнее, чем, например, при использовании традиционных методов статистики.

Примерная структура нейронной сети следующая [2]: каждый нейрон (вычислительная единица) имеет несколько входов и один выход. На входы передаются импульсы, которые после обработки проводятся на выход. Взаимосвязь выходов и входов соседних нейронов характеризуется синапсом (связью между нейронами). Можно считать, что при прохождении синапса сила импульса меняется в определенное число раз, которое называется весом синапса. Импульсы, поступившие к нейрону одновременно по нескольким входам, суммируются. Если суммарный импульс превышает некоторый порог, нейрон активизируется, формирует собственный импульс и передает его далее на выход. Важно отметить, что веса синапсов могут изменяться со временем, а значит, меняется и поведение соответствующего нейрона.

Простейшая математическая модель данного процесса имеет вид (см. рис. 1):

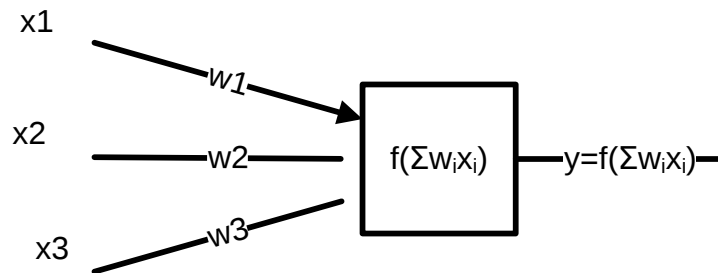


Рис. 1. Схема искусственного нейрона

На рисунке 1 изображена модель нейрона с тремя входами, причем синапсы этих входов имеют веса w_1 , w_2 , w_3 . Пусть к синапсам поступают импульсы силы x_1 , x_2 , x_3 соответственно, тогда после прохождения синапсов к нейрону поступают импульсы $w_1 x_1$, $w_2 x_2$, $w_3 x_3$. Нейрон преобразует полученный суммарный импульс $x = w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_3 x_3$ в соответствии с некоторой активационной функцией $f(x)$. Сила выходного импульса равна $y = f(x) = f(w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_3 x_3)$.

Таким образом, нейрон полностью описывается своими весами w_k и передаточной функцией $f(x)$. Получив набор чисел (вектор) x_k в качестве входов, нейрон выдает некоторое число y на выходе.

Искусственная нейронная сеть – это набор нейронов, соединенных между собой. Как правило, активационные функции всех нейронов в нейронной сети фиксированы, а веса являются параметрами нейронной сети и могут изменяться. Некоторые входы нейронов помечены как внешние входы нейронной сети, а некоторые выходы – как внешние выходы нейронной сети. Подавая любые числа на входы нейронной сети, мы получаем какой-то набор чисел на выходах нейронной сети. Таким образом, работа нейронной сети состоит в преобразовании входного вектора в выходной вектор, причем это преобразование задается весами нейронной сети.

После того, как нейронная сеть обучена, ее можно применять для решения (см. рис. 2). Нейронная сеть, грамотным образом обученная, может с большой вероятностью правильно реагировать на новые, не предъявленные ей ранее данные.

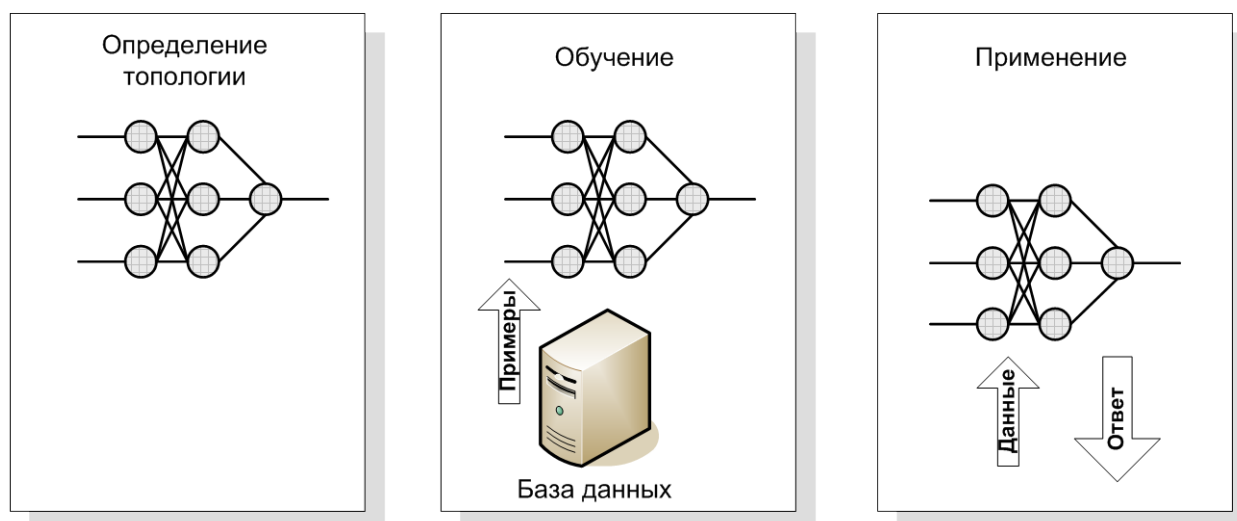


Рис. 2. Применение нейронной сети

Построение модели

Построение нейросетевой модели проходит в несколько этапов: 1) сбор данных; 2) отбор переменных для моделирования; 3) определение топологии сети; 4) обучение сети; 5) проведение вычислительных экспериментов.

В качестве исходной информации для построения ИНС использовались результаты (средние показатели) социологического исследования среди туристов в 2009– 2012 гг. (было опрошено 2400 чел.).

Входными данными были переменные, характеризующие потребителя:

1. Доход

Описание	Параметр, описывающий среднемесячный доход опрошенного (в качестве числового значения обрабатывалась середина указанного интервала дохода)
Единица измерения	Тыс. руб.
Минимум	0
Максимум	27,5
Среднее	14,74
Стандартное отклонение	7,98

2. Возраст

Описание	Параметр, описывающий возраст опрошенного (середина указанного интервала)
Единица измерения	год
Минимум	20
Максимум	60
Среднее	37,36
Стандартное отклонение	12,96

3. Пол

Описание	Пол интервьюированного
Единица измерения	0 - женский, 1 - мужской
Минимум	0
Максимум	1
Среднее	0,48
Стандартное отклонение	0,501

4. Семейное положение

Описание	Семейное положение опрошенного
Единица измерения	0 – холост, 1 – женат/замужем

Минимум	0
Максимум	1
Среднее	0,59
Стандартное отклонение	0,49

5. Дети

Описание	Количество детей в семье
Единица измерения	человек
Минимум	0
Максимум	3
Среднее	0,94
Стандартное отклонение	0,93

6. Социальный статус. Переменная, имеющая следующие возможные значения: 1) рабочий/обслуживающий персонал; 2) специалист; 3) предприниматель; 4) гос. (муниципал.) служащий; 5) военнослужащий; 6) руководитель организации; 7) учащийся/студент; 8) домохозяйка; 9) безработный; 10) пенсионер.

7. Цель – переменная, отражающая цель приезда в г. Сочи. Принимает следующие значения: 1) досуг, отдых; 2) лечение и профилактика; 3) деловая, профессиональная; 4) прочие.

Выходной переменной является общая сумма, которую готов потратить потребитель в развлекательных заведениях.

Таким образом, нейронная сеть сможет после обучения классифицировать потребителя по его платежеспособному спросу на развлекательные услуги, опираясь на характеризующие признаки.

Топология сети представляет многослойный прямонаправленный персептрон. Сеть состоит из 3 слоев, что следует из теоремы А.Н. Колмогорова. В последней доказано, что аппроксимация функции, трансформирующей m -мерный входной вектор в M -мерный выходной вектор, осуществима нейросетью с одним скрытым слоем с $(2m+1)$ нейронами. Слои ИНС следующие:

1. Входной слой – характеризует исходные переменные, то есть информацию, вводимую в сеть. Он содержит 7 нейронов по числу входных переменных.

2. Скрытый слой – основной вычислительный элемент ИНС, содержит 15 $(2*7+1)$ нейронов.

3. Выходной слой – состоит из одного нейрона, характеризующего ту сумму денег, которую может потратить исследуемый потребитель.

Наряду с топологией сети были определены следующие ее параметры:

Алгоритм обучения – супервизорный (т.е. обучение на примерах), методом обратного распространения ошибки. Такой процесс называют "обучение с учителем". Блок-схема обучения представлена на рис. 3.

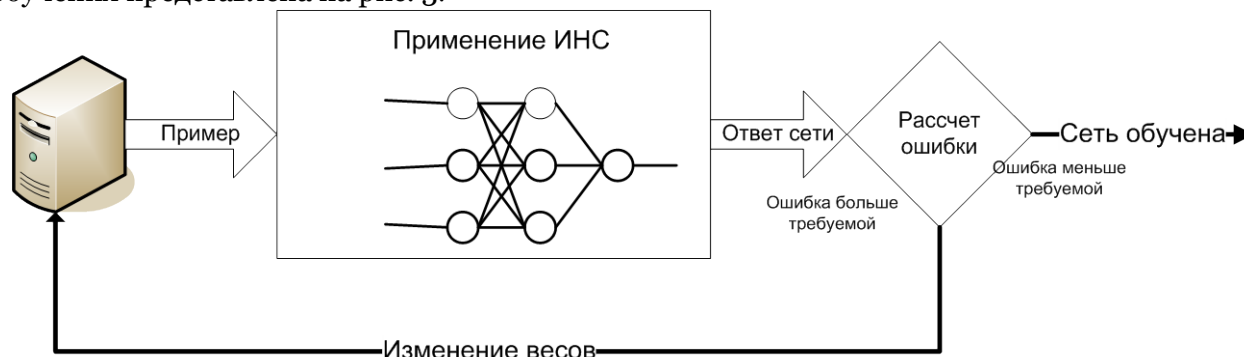


Рис. 3. Алгоритм обратного распространения ошибки

Для повышения валидности модели примеры при обучении разбиваются на обучающее и тестовое множество.

Обучающая выборка применяется для разработки нейросетевой модели, т.е. для определения значений весов, при которых достигается минимальная ошибка между

требуемым и выходным сигналами (в частности, для обучения с «учителем»). Тестовая выборка необходима для того, чтобы удостовериться в обобщающих свойствах сети и в работоспособности последней с данными, не участвовавшими в обучении. Разделение на обучающее и тестовое множество в строящейся модели – 90 % / 10 %.

Функция активации – сигмоида:

$$f(x) = [1 + \exp(-\beta x)]^{-1},$$

$$f'(x) = \beta f(x)[1 - f(x)].$$

В результате была создана нейронная сеть, представленная на рис. 4.

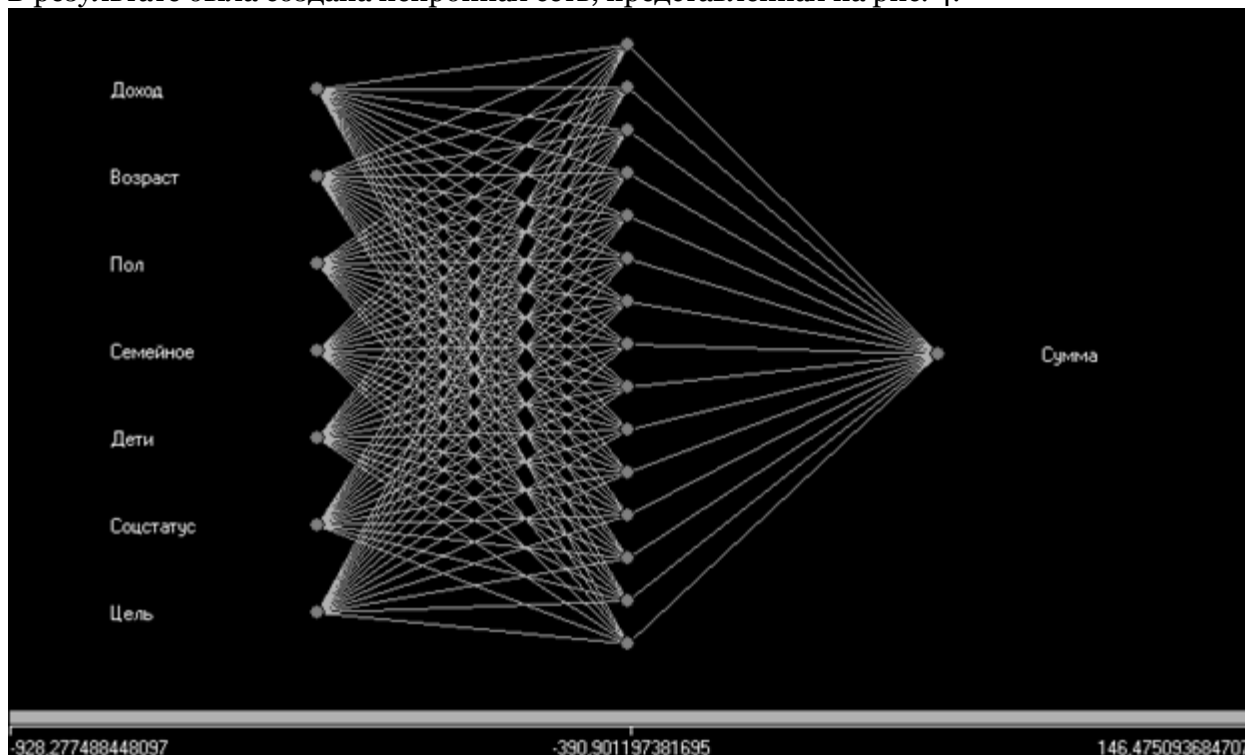


Рис. 4. Граф искусственной нейронной сети модели спроса на досуговые и развлекательные услуги

В результате обучения сети были распознаны (ошибка модельного и фактического значения не превышала 5 %) 100 % обучающей и 92,6 % тестовой выборки. Таким образом, можно сделать вывод, что точность модели является удовлетворительной. Диаграмма рассеяния модели представлена на рис. 5.

Обобщая вышеизложенное, можно сделать вывод, что разработан инструмент, позволяющий проводить сценарное прогнозирование спроса на развлекательные и досуговые услуги в зависимости от социального статуса, пола, возраста, уровня дохода и семейного положения потенциального потребителя.

Результаты опроса респондентов

Опрошенными туристами были потрачены на развлечения во время отдыха в среднем за поездку 12864,7 руб., причем больше всего в г. Анапе – 13579 руб., а меньше всего в г. Геленджике – 11548,9 руб. Средняя продолжительность поездки составила 9,5 дней с ежедневными тратами на развлечения 1372 руб. Курорт Сочи является самым дорогим для туристов городом для отдыха (1603,1 руб. в день на развлечения). Тогда как в г. Геленджике и г. Анапе турист тратит в среднем на 3–4 тыс. руб. в день меньше и может позволить себе более продолжительный отдых (до 10 дней) (см. рис. 6).

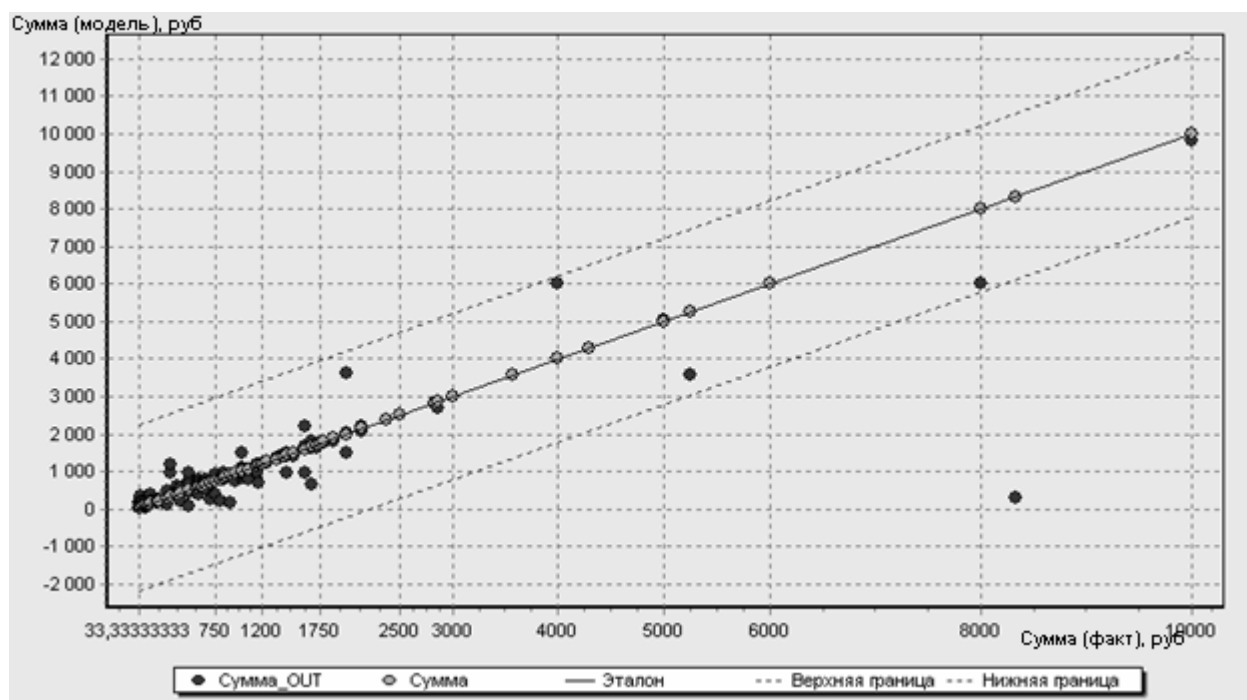


Рис. 5. Диаграмма рассеяния для построенной модели

За период с 2009 г. по 2012 г. средняя сумма затрат на развлечения за поездку выросла в г. Анапе на 76 %, в г. Геленджике на 43 %, в г. Сочи на 20 %. Соответственно средняя сумма расходов на развлечения в день в этих городах выросла на 54 %, 24 % и 11 % соответственно. Темп роста общих расходов превысил темп роста ежедневных расходов в среднем на 16 % в связи с ростом продолжительности пребывания на курорте на 1–1,5 дня.

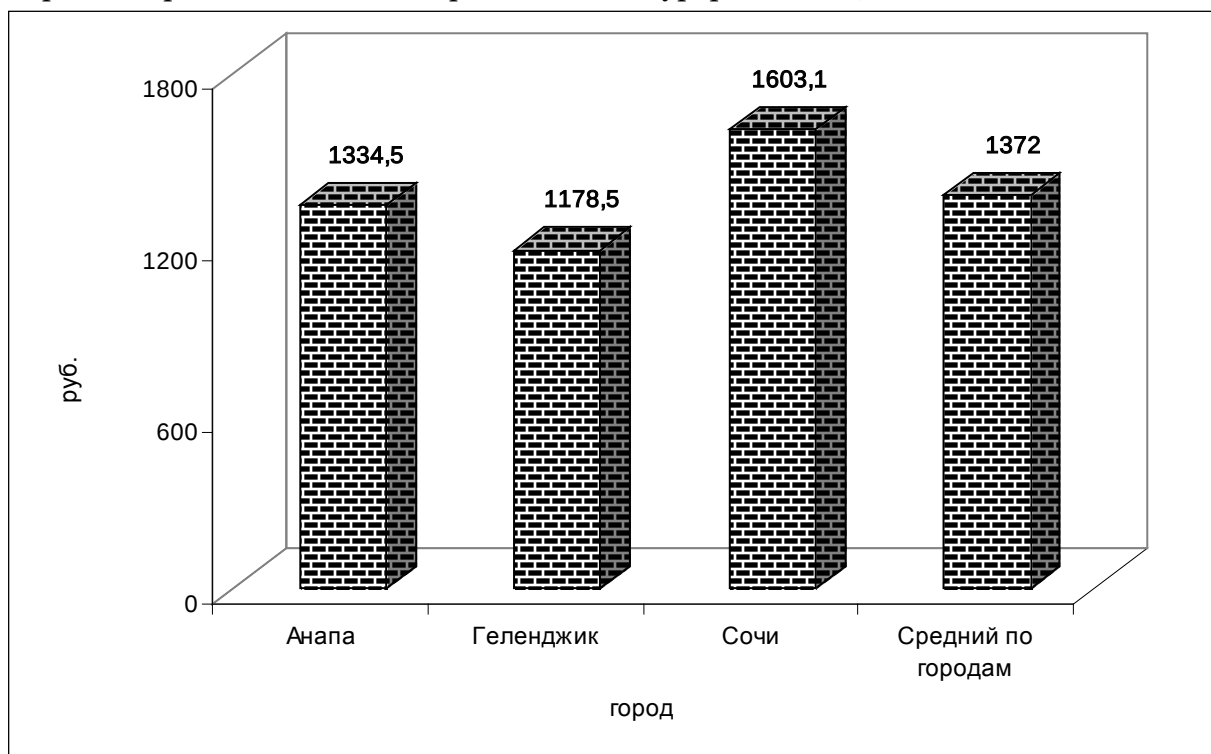


Рис. 6. Средняя сумма в день, которую тратили туристы на развлечения во время пребывания на курортах Краснодарского края в 2009–2012 гг., в рублях

В среднем, каждый из опрошенных туристов в г. Сочи, г. Анапе и г. Геленджике

планировал потратить почти половину средств (45,7 %) (после оплаты основных расходов на проезд, проживание с питанием и лечением) на развлечения во время своей поездки. 18,7 % туристов планируют на развлечения около 30 % своих средств, 17,9 % туристов – до 50 % своих средств, 15,2 % туристов – около 40 % расходов. В г. Сочи 13,1 % туристов готовы израсходовать на развлечения 70 % своих средств, а в г. Анапе 50 % расходов на развлечения планируют 19,1 % туристов (см. рис. 7).

Во всех городах-курортах за годы исследований растет доля тех туристов, которые планируют на развлечения около 40 % и более 80 % своих расходов. В г. Анапе также растет доля тех, кто планирует на эти цели до 10 % и около 60 % расходов, а г. Сочи – около 50 % и около 80 % расходов. При этом в г. Сочи замечена тенденция снижения доли туристов, которые на развлечения желают потратить лишь 10–20 % или 60–70 % своих средств.

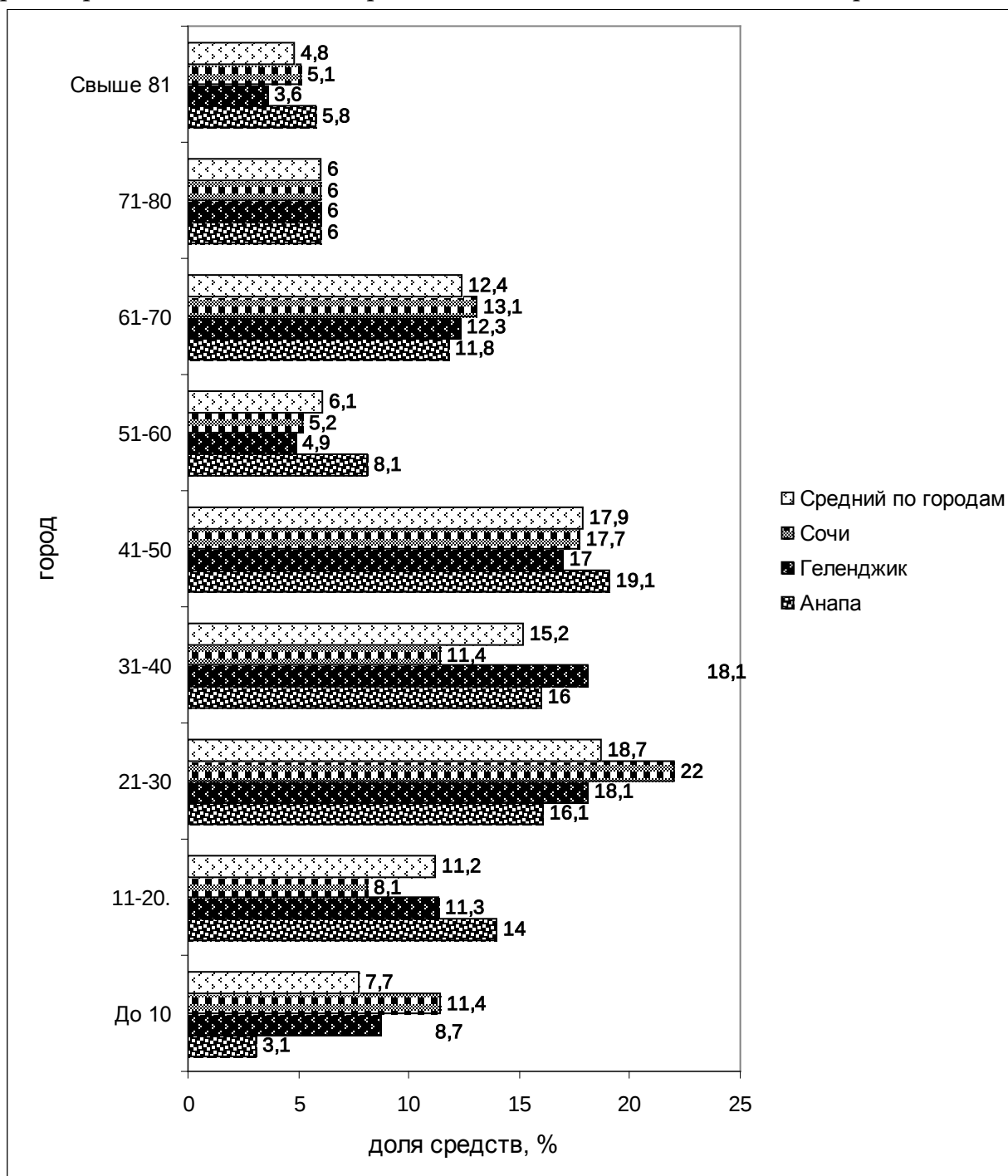


Рис. 7. Запланированная туристами доля средств (после оплаты основных расходов на проезд, проживание с питанием и лечением) на развлечения во время пребывания на курортах Краснодарского края в 2009–2012 гг., в процентах

Лишь 23,1 % опрошенных туристов потратили все свои денежные средства и полностью удовлетворили потребности в развлечениях. 26,9 % потратили все средства, но остались не удовлетворенными и хотели бы иметь с собой еще денег на развлечения. При этом 19 % не потратили и половины запланированных на развлечения денежных средств. Больше всего неистраченных средств осталось у туристов г. Анапы (см. рис. 8). В г. Анапе число туристов, у которых остались деньги, неистраченные на развлечения, сократилось за 4 года на 1,8 %, в г. Геленджике – на 8,1 %, в г. Сочи – на 2,3 %.

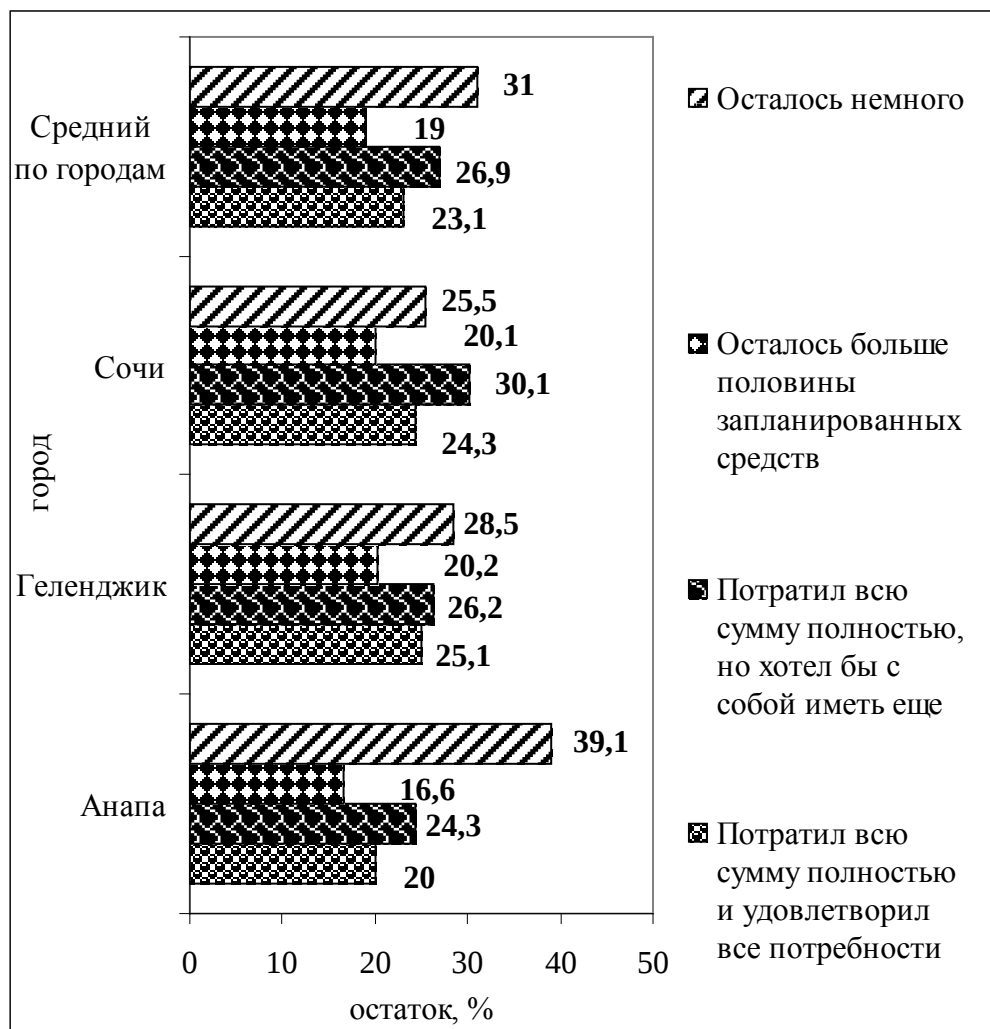


Рис. 8. Расходование запланированных средств туристов на досуг и развлечения во время пребывания на курортах Краснодарского края в среднем за 2009–2012 гг., в процентах

Проведение вычислительных экспериментов

Продemonстрируем возможности ИНС на нескольких примерах. Так как исследуемая зависимость многофакторная, то при проведении экспериментов будем фиксировать все входные переменные, кроме одной, которая и будет описывать взаимосвязь двух факторов при прочих равных условиях.

Эксперимент № 1. Зависимость суммы расходов на досуг и развлечения от уровня дохода при среднем значении возраста по выборке.

В данном эксперименте зафиксированы следующие данные:

Возраст – 37 лет, семейное положение – 0 (холост), социальный статус – 2 (специалист), цель посещения – 1 (отдых). На рис. 9 показана зависимость суммы расходов от уровня дохода для мужчины, а на рис. 10 – для женщины (здесь и далее оси ординат соответствует планируемая сумма расходов на развлечения).

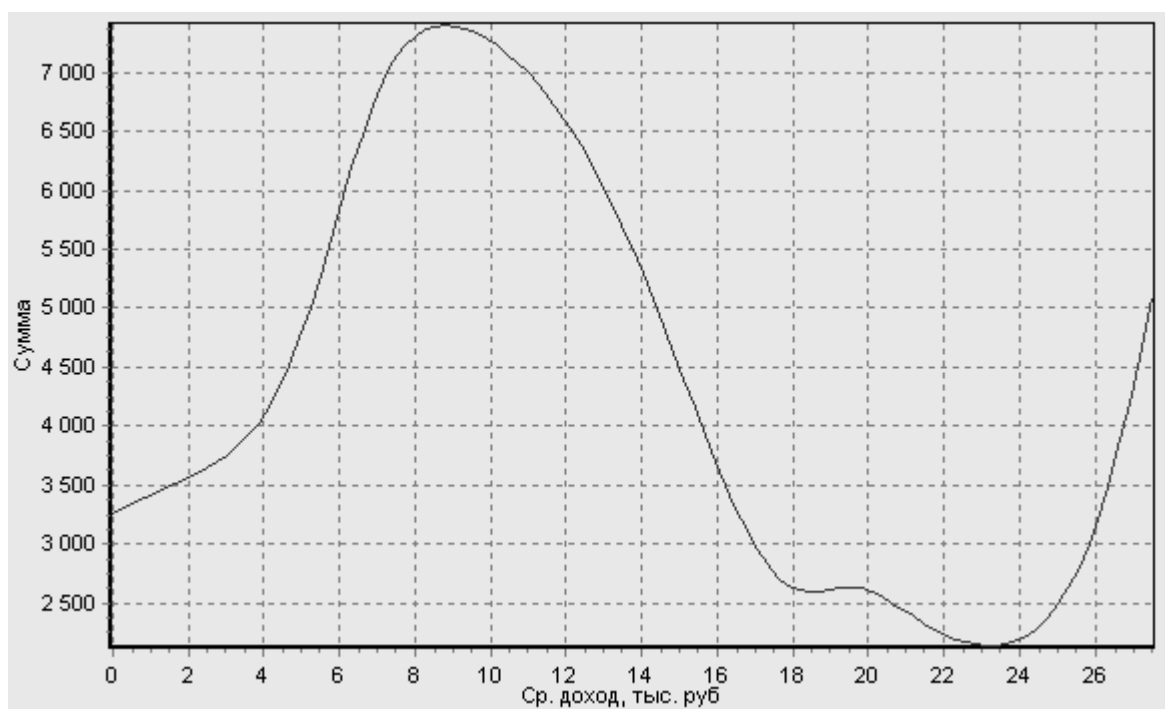


Рис. 9. График результатов для мужчины в эксперименте №1

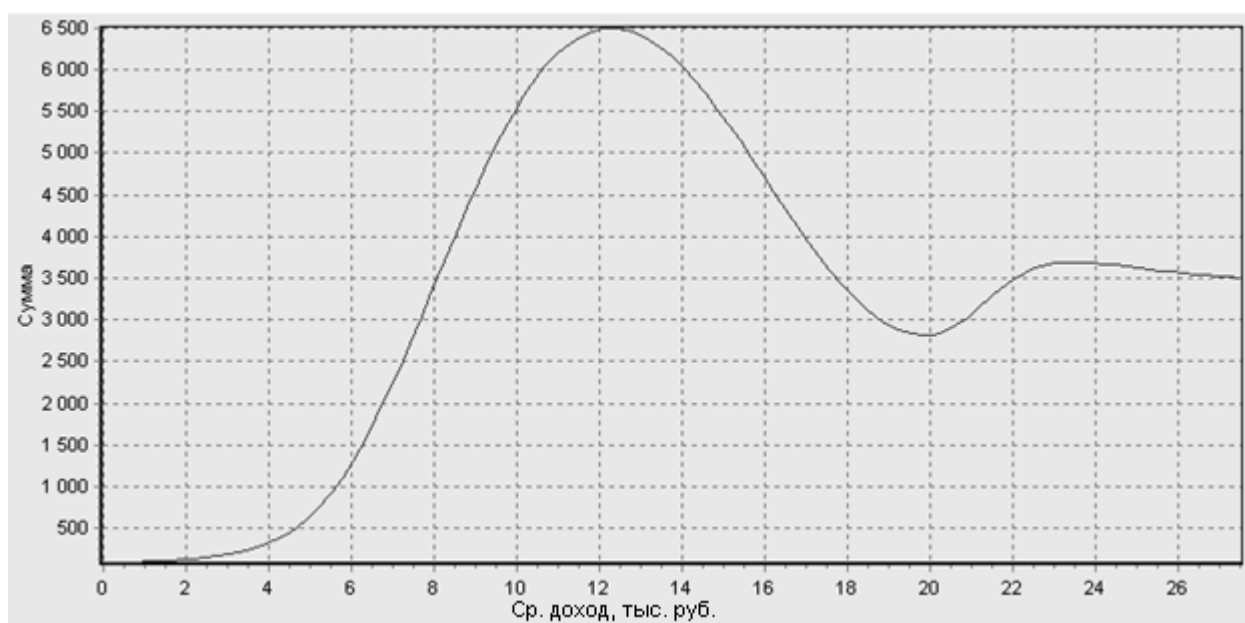


Рис. 10. График результатов для женщины в эксперименте № 1

Из графиков видно, что для потребителей, у которых отсутствует семья, сумма расходов на развлекательные и досуговые услуги сначала растет с увеличением дохода, а затем снижается. Причем для мужчин максимум достигается в интервале 9 тыс. руб. дохода, из которых 7,5 тыс. руб. тратится на развлечения. Для женщин эти показатели составляют 12 и 6,5 тыс. руб. соответственно. Этот эксперимент позволяет сделать вывод о том, что в среднем возрасте (35–40 лет) наиболее активными потребителями в досуговом и развлекательном секторе являются люди, приехавшие на отдых с доходами ниже среднего.

Эксперимент № 2. Зависимость суммы расходов на досуг и развлечения от уровня доходов для замужней женщины 25 лет.

В этом эксперименте смоделируем ситуацию приезда на отдых женщины с детьми. Фиксированные переменные следующие: возраст – 25 лет, семейное положение – 1 (замужем), пол – о (женский), социальный статус – 2 (специалист), цель посещения –

1 (отдых).

Результаты моделирования представлены на рис. 11 и 12.

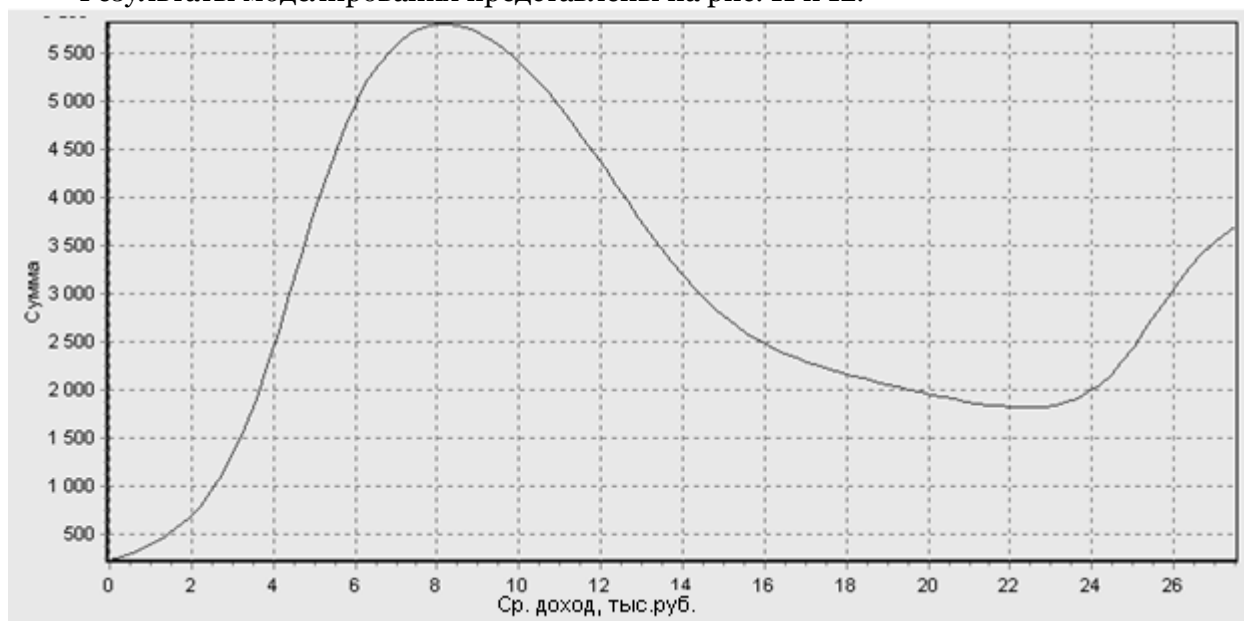


Рис. 11. График результатов для женщины с 1 ребенком в эксперименте № 2

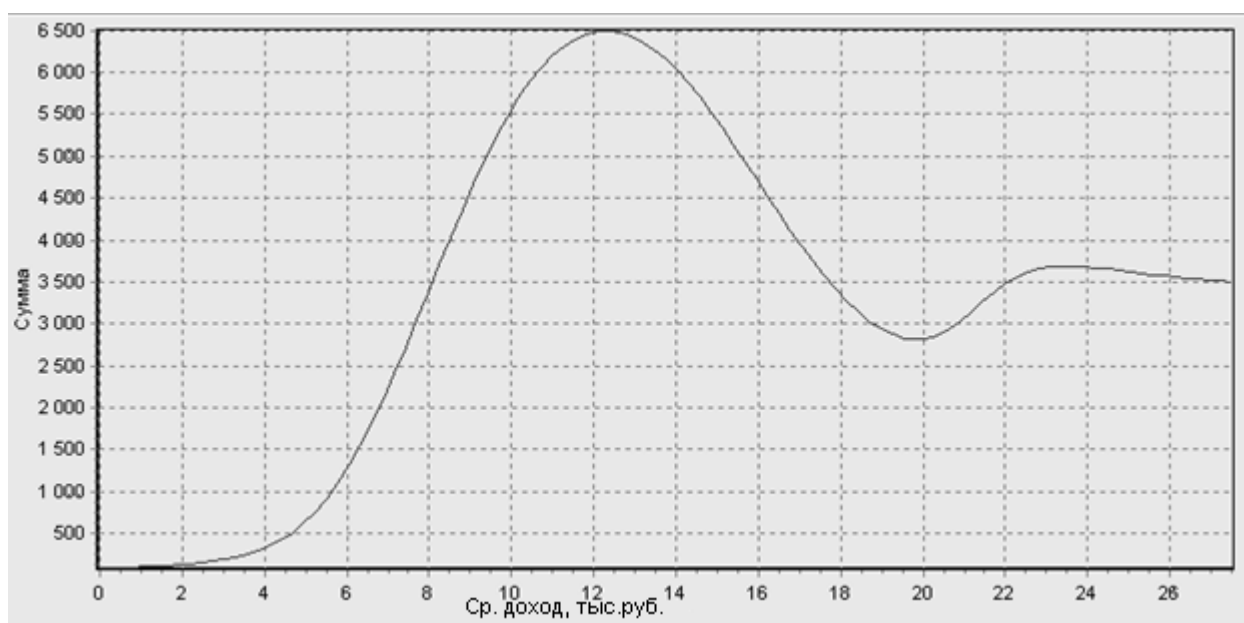


Рис. 12. График результатов для женщины с 2 детьми в эксперименте № 2

На графиках видно, что общая зависимость для наличия одного или двух детей имеет сходную форму. Причем так же, как и в эксперименте № 1, большую сумму готовы потратить люди с доходами меньше средней по выборке. В случае одного ребенка максимальная возможная сумма расходов на досуг и развлечения составляет 5700 рублей при ежемесячном доходе в 8000 рублей. При наличии двух детей максимум смещается на 6500 рублей при доходе в 12000 рублей.

Эксперимент № 3. Зависимость суммы расходов на досуг и развлечения от социального статуса. В данном эксперименте рассмотрим возможные траты на развлечения людей с высоким доходом в зависимости от их положения в обществе. Зафиксируем переменные: возраст – 30 лет, семейное положение – о (замужем), доход – 27,5 тыс. руб., цель посещения – 1 (отдых). Результаты для мужчин и женщин представлены на рис. 13 и 14 соответственно.

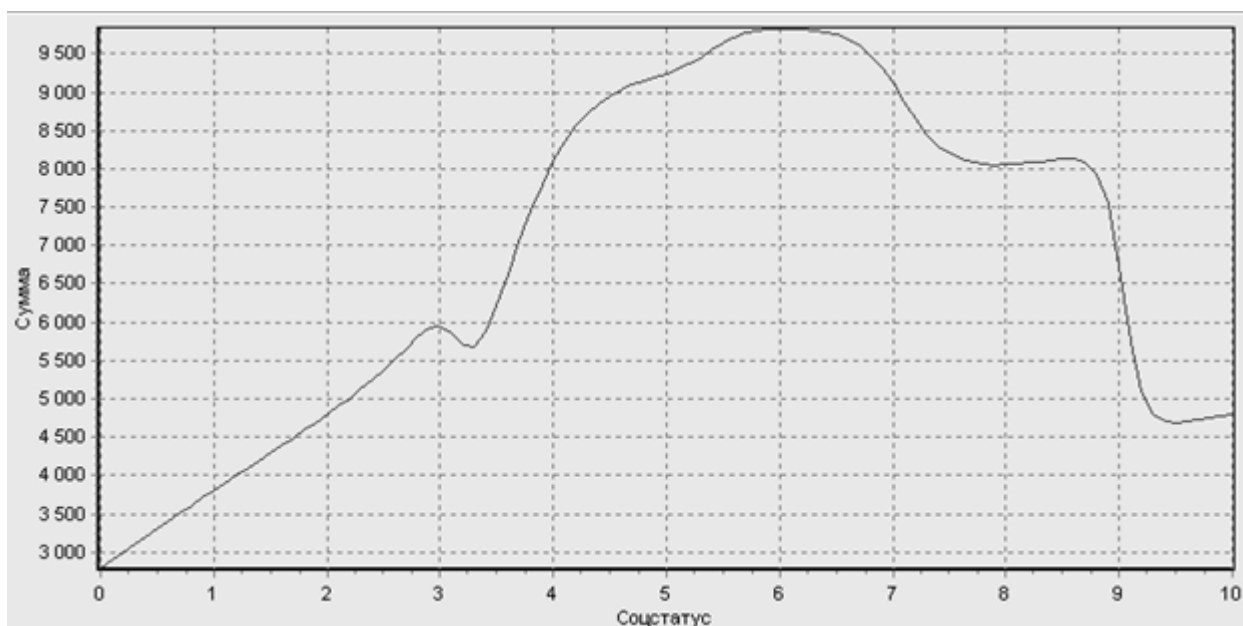


Рис. 13. График результатов для мужчины в эксперименте № 3

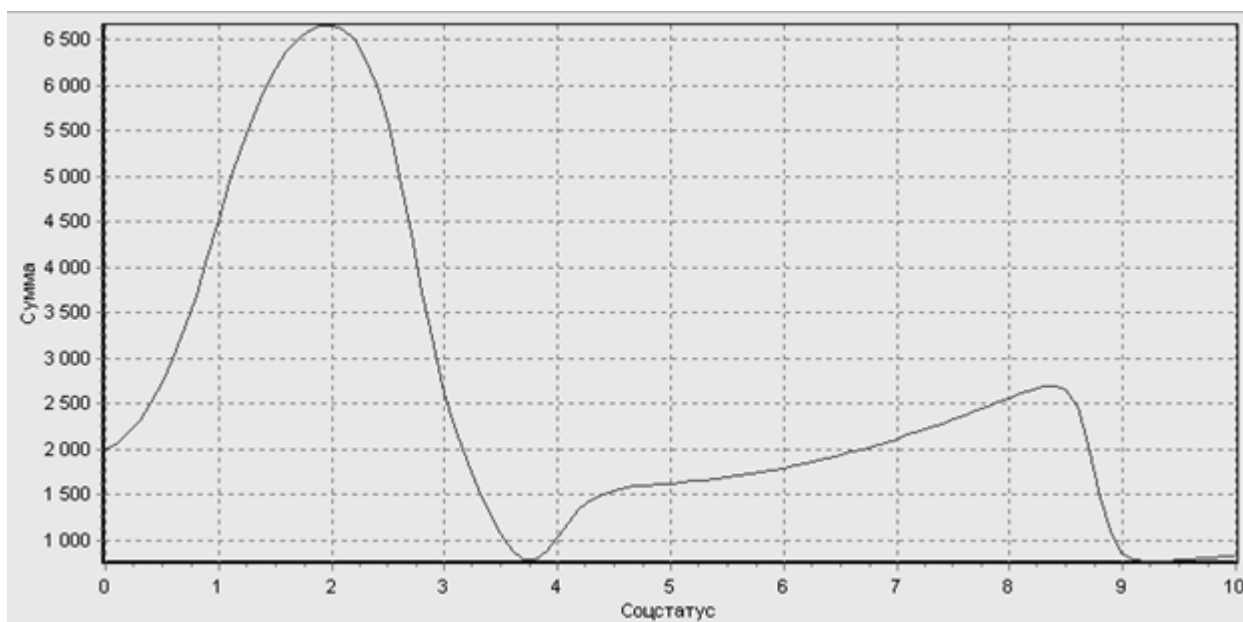


Рис. 14. График результатов для женщины в эксперименте № 3

На графиках видно, что зависимость для мужчин и женщин имеет различную форму. Так, среди неженатых мужчин с высоким доходом наибольшую сумму потратить на досуг и развлечения готовы руководители организаций, а среди незамужних женщин – специалисты. Также следует отметить, что максимальная моделируемая сумма расходов при зафиксированных условиях у мужчин выше, чем у женщин (9700 рублей против 6700 рублей соответственно).

Сравнительный анализ результатов исследования

По указанному исследованию расходов на досуговые и развлекательные услуги стоилась альтернативная экономико-математическая модель формирования спроса, описанная в работе [3].

В данном исследовании модель представлена в виде взвешенного орграфа, причем веса на взаимосвязях получены путем корреляционно-регрессионного анализа. Представляет интерес возможность сравнения результатов моделирования, полученных при помощи различные методик.

Сходен вывод о том, что наиболее активными потребителями развлекательных услуг являются люди среднего возраста. Совпадает также тезис о сравнительно больших расходах мужчин по сравнению с женщинами (представлен в экспериментах № 1 и № 3). Самым значимым расхождением между моделями является несовпадение показателя расходов на развлечения. В работе [3] приводится расчет средней по выборке суммы, а в данном исследовании проводится дифференциация по различным признакам, что позволяет выделить группы людей, которые могут иметь намного более высокий платежеспособный спрос на досуговые услуги.

Выводы. Все задачи, поставленные в исследовании, достигнуты: проведен анализ данных социологического исследования, отбор и выборка переменных, построена искусственная нейронная сеть. Разработанная модель обладает удовлетворительной эффективностью (92,6 %) и может использоваться для анализа и прогнозирования рынка развлекательных услуг городов-курортов.

Проведенные эксперименты показали, что в среднем по выборке к наибольшим тратам на досуг и развлечения готовы люди среднего возраста и с доходом ниже среднего. Среди людей с высоким достатком наибольший объем спроса предъявляют руководители организаций и специалисты.

Разработанная модель может также применяться как составляющая часть комплекса поддержки принятия решений в управлении досуговыми и развлекательными заведениями на курорте. С помощью прогнозов, построенных с использованием указанного комплекса, можно более точно проводить маркетинговую сегментацию рынка услуг и выводить на рынок те предприятия, которые гарантируют наиболее полное удовлетворение желаний потребителей.

Моделирование как инструмент эффективного управления организациями индустрии досуга и развлечений на территории туристских дестинаций позволяет применить научно-обоснованные методы разработки и реализации туристской политики на федеральном, региональном и местном уровнях.

Примечания:

1. Круглов В.В. Теория искусственных нейронных сетей. Основные положения // <http://www.socioego.ru/teoriya/istoch/neyron/sod.html>. Режим доступа: свободный.
2. Аналитические технологии для прогнозирования и анализа данных. Нейронные сети // <http://www.neuroproject.ru/neuro.htm>. Режим доступа: свободный.
3. Матющенко Н.С., Фетисова А.М. Моделирование и статистический анализ в системе управления индустрией отдыха и развлечений // Вестник СГУТиКД. 2011. № 1 (15).

Appliance of Neural Network for on-Demand Simulation for Entertainment and Recreational Activities

¹Natalia S. Matyushchenko

²Andrey S. Kopyrin

¹ Sochi State University, Russia
26a, Sovetskaya st., Sochi, 354000
PhD (Economy)

E-mail: subtropic777@rambler.ru

² Sochi State University, Russia
26a, Sovetskaya st., Sochi, 354000
PhD (Economy)

E-mail: kopyrin_a@mail.ru

Abstract. In accordance with opinions polls given by tourists in 2009–2012 on the territory of Krasnodar region's resorts, a neural model has been developed. This model allows conducting demand forecasting for entertainment and recreational services depending on demographic peculiarities of potential consumers.

Keywords: leisure and entertainment, artificial neural networks, demand simulation, tourists.

UDC 338.48