

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ (ФИЛИАЛ)
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет
Им. В. И. Вернадского» в г. Ялте**



Номинация: естественные науки

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

На соискание премии Государственного Совета Республики Крым
*«За научные достижения в сфере приоритетных направлений развития
Республики Крым»*

На тему:

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ
ТУРИСТИЧЕСКИМИ ПОТОКАМИ В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ В ЗАДАЧАХ
ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ**

обучающегося 4 курса бакалавриата
направления подготовки 44.03.01
«Педагогическое образование
(Математика)», Института педагогики,
психологии и инклюзивного образования
Анашкин Дмитрий Викторович
Научный руководитель:
кандидат экономических наук, доцент
Малышенко Константин Анатольевич

Ялта – 2022

Содержание

Введение.....	3
1. Квалитативная модель развития туризма в Республике Крым.....	6
2. Типизация задач линейного программирования рекреационной отрасли Республики Крым.....	16
3. Техническая реализация решения задач линейной оптимизации.....	20
Заключение.....	28
Библиографический список.....	31

Введение

Республика Крым – уникальный регион Российской Федерации, объединивший в себе наиболее привлекательные элементы курортно-туристского сектора. Богатый природно-климатический и историко-культурный потенциал региона позволили создать на полуострове кластеры, учитывающие разнообразную типологию туристов и их потребительский интерес.

Сегодня развитие туристско-рекреационной отрасли Республики Крым осуществляется в условиях стремительного перехода к информационному обществу, нарастания кризисных явлений в мировой экономике и роста борьбы на международном рынке рекреационных услуг. В этом состоянии особо актуально определение новых направлений стратегического развития туристической отрасли республики и их активного вхождения в систему мирового движения. Следовательно, совокупность внешних и внутренних учтенных конкурентных факторов определяет общий уровень конкурентоспособности экономики Республики Крым.

Совершенствование санаторно-курортного и туристского комплекса является приоритетным направлением развития экономики Республики. Согласно Стратегии развития туризма в Российской Федерации на период до 2035 года, утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 20.09.2019 № 2129-р, туризм рассматривается как один из основных источников финансовых доходов бюджета страны [3].

Таким образом, на первое место встают такие вопросы обеспечения региона, которые позволяют максимально комплексно обозначить места приоритетной работы на устранение недостатков рекреационного комплекса республики. Например, в Республике Крым существует необходимость разработки совершенно новых механизмов совершенствования транспортно-логистической составляющей, напрямую влияющий на поточные характеристики рекреационного комплекса. Это также подтверждает и тот

факт, что основной объем туристов добираются на территорию полуострова посредством легкового автомобильного транспорта [5].

Сегодня математические методы активно используются для принятия большого числа стратегических решений. Предлагаются новые математические модели, инструментально подтверждающие свою значимость в модернизации наиболее значимых систем региональной инфраструктуры. Однако универсальность прикладных методов математической оптимизации очень часто недооценивается многими исследователями, вследствие чего некоторые вопросы их практического применения, нацеленные на развитие региональных отраслей, в частности и туристической, бывают рассмотрены не полностью [15], [8]. Без учета непосредственной статистической информации, поступающей в региональные центры обработки, представленные стохастические (вероятностные) модели отражают лишь качественные абстрактные характеристики, построенные на взаимодействии зависимых переменных.

Очевидно, необходимо перенесение приоритетных стратегических вопросов на такой специфический класс технических задач, основанных на детерминированной модели, в котором поступающая информация может быть оптимизирована с получением максимально выгодного решения. В случае с туристско-рекреационным комплексом Республики Крым возникающие задачи сводятся к максимизации доходности данного сектора.

Применение математических методов, а именно методов поиска оптимального решения и моделирования сегодня достаточно популярно и востребовано. Это перспективно развивающийся раздел математики, изучающий теоретические и прикладные методы оптимального управления ресурсами и производственным потенциалом [11]. Так, Хазовой Д. С. [15] методами качественного математического моделирования был исследован широкий класс теоретических вопросов рекреационного комплекса Республики Алтай. Результаты работы могут иметь широкое применение для исследований по аналогичному принципу туристических отраслей иных

субъектов РФ. В работе [6] авторы описывают модель устойчивого развития туризма, основываясь на множественных моделях, практически реализована задача поиска «зоны баланса» построенной математической модели.

Тем не менее, исследования рекреационной отрасли Республики Крым на основе построения комплексных оптимизационных математических моделей представлены слабо, таким образом, данный вопрос является перспективным для рассмотрения в рамках научно-исследовательской работы соответствующих институциональных центров.

Целью данной работы является разработка математической модели для решения обозначенных оптимизационных задач туристической отрасли Республики Крым. Для достижения указанной цели были поставлены следующие научные задачи:

- построение качественной модели устойчивого развития туризма в Республике Крым на основе элементов математического программирования;
- формализация логистических задач рекреационной отрасли Республики Крым;
- разработка математических, а также программных алгоритмов для решения выделенных логистических задач;
- проверка функционирования разработанных алгоритмов на реальных задачах оптимизации.

В соответствии с целями и задачами работы определены её объект и предмет. Объектом исследования является инфраструктура туристических кластеров Республики Крым. Предметом исследования являются задачи логистического характера, возникающие в рамках работы рекреационной отрасли Республики Крым.

1. Квалитативная модель развития туризма в Республике Крым

Современная экономика большинства стран мира отличается активным развитием сферы услуг, включающей в себя различные виды производства. В настоящее время существует большое количество предприятий, предлагающих разные виды услуг, однако одним из ключевых для экономики направлений деятельности в сфере сервиса является рекреационный сектор [3].

Рекреативный туризм как вид отдыха является производной практически от всех ключевых видов сервисной деятельности и объединяет предприятия, предоставляющие санаторные и туристические услуги, а также предприятия инфраструктуры (транспорт, страховые компании, банковская инфраструктура, продовольственный комплекс, миграционные услуги).

Проводя аналогию со сферой товарного обращения, можно выделить аналогичные свойства для так называемого туристического продукта, включающую в себя производителей услуг и посредников коммерческого типа. При этом стоит различать такие категории «туристическая услуга» и «туристический продукт».

Универсальный и комплексный туристический продукт включает в себя: основные услуги (сюда можно отнести гостиничные, санаторные и ресторанные услуги), дополнительные услуги, включающие в себя лечебно-профилактические, спортивные, оздоровительные и культурно-развлекательные мероприятия, сопутствующие критические услуги (бытовое обслуживание, связь, банковское обслуживание, городской, междугородний и иные виды транспорта).

Приобретение конечным потребителем туристического продукта по своему содержанию является правом на получение услуг от основных производителей. Такой подход к производной всех рекреационных отраслей региона как к туристическому продукту позволяет проанализировать общее состояние отдельно взятых характеристик модели устойчивого развития

туризма. Это, в свою очередь, дает возможность практически выявить изменяемые переменные, приводящие к функциональному росту прибыльности всего туристического сектора рассматриваемого субъекта.

По Хазовой, успех в развитии местного туризма возможен только при соблюдении основных принципов устойчивого развития. Устойчивой можно назвать такую характерную траекторию развития, которая позволяет удовлетворить спрос на туристический продукт в настоящее время, учитывая интересы туристической дестинации и сохранение этой возможности в будущем [15]. То есть, в конечном туристическом продукте должны быть учтены все социальные, экономические, культурные и экологические особенности региона, в равновесном состоянии существующие и дополняющие друг друга, для сохранения его самобытности и инвестиционной привлекательности.

При этом, достаточно информативной и содержательной частью исследования вопроса может послужить математическая модель ключевых составляющих туристического сектора исследуемого региона.

Основной проблемой моделирования туристической сферы в регионах России является отсутствие достаточного количества статистических данных. Кроме того, туристическая отрасль представляет собой сложный объект, состоящий из различных подсистем, функционирование которых зависит от множества внешних факторов. Эти факторы иногда практически невозможно оценить количественно, но в доступной форме можно оценить качественно, то есть оценить, какое влияние оказывают качественные показатели на количественные и их корреляцию.

Введем понятия квалитативного (качественного) моделирования. Квалитативное моделирование – формализованный алгоритм логического мышления, позволяющий создать виртуальную функциональную модель комплексной системы [15]. Квалитативное моделирование как метод широко используется в экономике для составления прогнозов продаж, а также решения имитационных задач управленческих процессов в государственно-

частном секторе. Методы качественного моделирования будут использованы в данном исследовании для имитирования устойчивого развития туристической отрасли Республики Крым. Таким методом на основе последующего анализа будут установлены переменные качественной модели, без которых невозможна устойчивая работа инфраструктуры рекреационной отрасли Республики Крым.

Первым этапом построения математической модели устойчивого развития туризма Республики Крым является идентификация всех переменных качественной модели. Для осуществления аналитического поиска качественных переменных автором предлагается действие по следующему алгоритму:

1. Формирование набора переменных, содержащих качественную оценку ключевых характеристик, установленных опытным путем: $\{P_1, P_2, \dots, P_n\}, n \in N$. Производится анализ соответствующих источников, выделяются индикаторы устойчивого развития туристического кластера.
2. Определение попарных зависимостей переменных. Установление зависимостей, основанных на методах логического мышления, экспертных оценках или результатах, полученных качественными методами для исследуемого региона.
3. Составление математической векторной модели на основе имеющихся переменных: $V_n = (P_1, P_2, \dots, P_n)$.
4. Проекция вектора V_n на множество независимых переменных: V_i
5. Проекция вектора V_n на множество зависимых переменных V_j .
6. Математическое представление зависимостей соответствующих переменных множества V_i от множества V_j :

$$P' = \left\{ \left(\begin{array}{l} \text{sgn}(P_i) \\ \text{sgn}\left(\frac{\partial P_i}{\partial t} / \frac{\partial P_j}{\partial t}\right) \\ \text{sgn}\left(\frac{\partial^2 P_i}{\partial t^2} / \frac{\partial^2 P_j}{\partial t^2}\right) \end{array} \right) \left| \begin{array}{l} i \in [1; \text{card}(V_i)] \subset N \\ j \in [1; \text{card}(V_j)] \subset N \end{array} \right. \right\}$$

Здесь P' представляет множество, состоящее из триплетов попарных отношений зависимых и независимых переменных.

Отношение $\frac{\partial P_i}{\partial t} / \frac{\partial P_j}{\partial t}$ отражает динамику переменной P_j при изменении переменной P_i во времени.

Отношение $\frac{\partial^2 P_i}{\partial t^2} / \frac{\partial^2 P_j}{\partial t^2}$ отражает скорость изменения возрастания (убывания) переменной P_j при изменении переменной P_i во времени.

7. Формирование массива зависимостей в форму, подходящую для дальнейшего математического анализа, в том числе компьютерным программным обеспечением.

Описанная качественная модель является гибким инструментом проектирования и позволяет анализировать развитие систем, обладающих исключительными свойствами или подверженных сильному влиянию определенных качественных факторов.

В качестве факторов развития системы на основе анализа источников [1], [4], [10] определены следующие показатели:

- Объем частных инвестиций в рекреационный комплекс Республики Крым ((**Pinv**) – **Private investment**). Частные инвестиции необходимы для строительства и развития так называемых туристических кластеров. Реализация кластеров предполагает строительство объектов туристской инфраструктуры за счет средств инвесторов. На территории каждого кластера предусмотрены земельные участки под создание новых объектов (как туристских, так и сельскохозяйственных, промышленных, социальной сферы), которые в рамках реализации кластеров выступают в настоящее время инвестиционными

площадками. За 2014-2021 гг. Министерством курортов и туризма Республики Крым рассмотрено 562 инвестиционных проекта (заявки), в том числе в 2021 году – 48 инвестиционных проектов на общую сумму приблизительно 24,7 млрд. рублей. За 2015-2021 годы подписано и реализуются 45 инвестиционных соглашений на общую сумму около 50 млрд. руб. (в том числе в 2021 году подписано 15 соглашений на сумму более 20 млрд. руб.), касающихся развития сферы курортов и туризма [4, с. 5].

- Объем государственных инвестиций в рекреационный комплекс Республики Крым ((**Ginv**) – **Government investment**). Согласно Соглашениям о предоставлении в 2021 году субсидии бюджету субъекта Российской Федерации из федерального бюджета, на туристско-рекреационные кластеры в целом было выделено 1 279 448 659 руб. на 11 объектов в рамках 5 туристско-рекреационных кластеров. Информация по освоению бюджетных средств размещается ведомствами ГРБС (Министерства строительства и архитектуры Республики Крым и Министерства транспорта Республики Крым) [4, с. 6]. Государственные инвестиции необходимы для развития инфраструктуры, состояние которой может служить одним из сдерживающих факторов развития туризма в регионе.
- Уровень развития транспортной инфраструктуры ((**Tinf**) – **Transport infrastructure**). В курортный сезон 2022 года территорию Республики посетило более 4 млн. туристов. По Крымскому мосту на легковом транспорте прибыло 83%, на железнодорожном транспорте 17%. При этом почти в 3 раза возросло число туристов, воспользовавшихся услугами железнодорожных компаний.
- Сертификация пляжей ((**BCert**) – **Beach certification**). Распоряжением Совета министров Республики Крым в план мероприятий подготовки к туристическому сезону с 2021 года был включен новый раздел: «Обеспечение и контроль своевременной подготовки и стабильного

функционирования пляжей». На территории Республики Крым по состоянию на 2022 год функционирует около 440 пляжей. На территории республики проведена классификация 11 пляжей, в том числе 4 пляжа получили высшую категорию (синий флаг).

- Развитие парковочной инфраструктуры ((**Pinf**) – **Parking infrastructure**). По состоянию на 2022 год на территории большинства отелей доступны бесплатные парковки на весь запланированный срок пребывания автотуристов. Также с целью развития транспортной инфраструктуры в туристических городах полуострова увеличиваются парковочные пространства.
- Количество оборудованных баз отдыха ((**CRec**) – **Recreation center**). Санаторно-курортный комплекс Республики Крым по состоянию на 2022 год насчитывает около 1100 средств размещения, из которых: 11% предоставляют услуги по санаторно-курортному лечению (вместимость – 55 тыс. мест); 14% предоставляют услуги оздоровительного характера (вместимость – 38 тыс. мест); 75% предоставляет услуги только по временному размещению (вместимость – 67 тыс. мест) [4, с. 8].
- Уровень развития элитного туризма ((**Etr**) – **Elite tourism**). На территории Республики Крым действует 11 аккредитованных организаций для проведения классификации гостиниц, отелей и иных элитных средств размещения. По состоянию на 2022 год проведена классификация 873 средств размещения (емкостью 42 620 номеров), в их числе по категориям: «5 звёзд» - 8 объектов; «4 звезды» - 51 объект; «3 звезды» - 197 9 объектов; «2 звезды» - 149 объектов; «1 звезда» - 28 объектов; «без звёзд» - 440 объектов.
- Наличие информационных туристических центров и характеристика информационной кампании ((**CInf**) – **Information center**). Освещение темы туристского сезона в СМИ – результаты работы за 2021 год: количество новостей и материалов в интернет-изданиях: 4400,

количество публикаций в печатных изданиях: более 500, новостных сюжетов на ТВ: 230, количество интервью: 12, количество программ на ТВ и радио: 26, пресс-конференций: 1.

- Гастрономический туризм ((**GTr**) – **Gastronomic tourism**). Ресторанное хозяйство является частью системы предприятий общественного питания региона, в его состав принято включать собственно рестораны, в том числе функционирующие при гостиницах, санаторно-курортных учреждениях и других средствах размещения, бары и кафетерии. Ресторанное хозяйство Крыма играет важную роль в продовольственном обеспечении регионального туристского продукта и выступает основой организации специализированного гастрономического, индустриально-кулинарного и этно-кулинарного, туризма. Современный уровень развития ресторанного хозяйства не в полной мере отвечает стратегическим задачам реформирования туристско-рекреационного комплекса Р. Крым и г. Севастополя и завоевания высоко конкурентных позиций на национальном и международном туристских рынках [16].
- Туристический имидж региона ((**Img**) – **Image**). С целью обеспечения реализации Государственной программы развития курортов и туризма в Республике Крым, утвержденной постановлением Совета министров Республики Крым 29.12.2016 г. № 650, а также продвижения Крыма как комфортной и доступной туристской дестинации, обеспечения информированности потенциальных туристов о возможностях отдыха и оздоровления на полуострове Министерством курортов и туризма Республики Крым на территории Республики Крым проводятся конференции, принимаются делегации различных министерств. Курортные и рекреационные объекты Республики Крым являются лауреатами конкурсов и выставок, в том числе и международных. Туристический имидж региона влияет на величину туристического потока и на успешность привлечения частных инвестиций.

- Рентабельность туристического комплекса ((Pft) – **Profit**). Она характеризует эффективность функционирования туристического комплекса, влияет на успешность привлечения в него частных инвестиций.
- Уровень экологии ((Eco) - **Ecology**). В рамках мероприятий Государственной программы развития курортов и туризма в Республике Крым, утвержденной постановлением Совета министров Республики Крым от 29 декабря 2016 г. № 650, Министерством курортов и туризма Республики Крым проводится работа по признанию территорий лечебно-оздоровительными местностями и курортами федерального, государственного и муниципального значения.
- Уровень социального комфорта((SC) – **Social comfort**). Большое развитие программ лояльности в 2022 году, которые были разработаны местными отельерами при содействии Министерства курортов позволило повысить привлекательность отдыха. При этом программа разрабатывается как для гостей, так и для местных жителей. Уровень социального комфорта проявляется в повышении качества жизни многих сообществ, в поддержке и расширении культурного богатства. Социальный комфорт во многом определяется уровнем государственных инвестиций, а также увеличения в случае, если туризм приносит доходы местному населению.

Для реализации стратегии устойчивого развития туризма Республики Крым был использован формализованный подход к оценке текущего положения дел в туристическом секторе, выявлению основных факторов устойчивого развития туризма. Предложенный автором подход, основанный на комплексе математических моделей, учитывает критерии устойчивости, факторы, влияющие на развитие туристического кластера, а также индикаторы, характеризующие уровень развития. Прогноз развития регионального туризма, построенный на основе характеристик и

индикаторов, позволит повысить эффективность принимаемых в туристическом кластере управленческих решений.

В таблице 1 приведены взаимосвязи между переменными модели, основанные на высказанных суждениях и записанные в виде триплетов.

Таблица 1 – Качественные связи между факторами имитируемой модели.

P_i	P_j												
	P_{inv}	G	T_{inf}	BC	P_{inf}	C	Etr	$CInf$	GTr	Img	Pft	Eco	SC
P_{inv}							$+\pm\zeta$						
G_{inv}			$+\pm\zeta$		$+\pm\zeta$								$+\pm\zeta$
T_{inf}										$++0$		$\pm+\zeta$	
$BCert$										$+++ \zeta$			
P_{inf}												$\pm+\zeta$	
$CRec$													
Etr													
$CInf$													
GTr													
Img	$++0$						$+\pm\zeta$	$+++ \zeta$			$++0$		
Pft	$++0$												$++0$
Eco													
SC													

Источник: разработано автором.

Построенная качественная модель устойчивого развития туризма в Республике Крым позволяет определить динамику ключевых индикаторов (уровень экологии, рентабельность индустрии, уровень социальной удовлетворенности) в зависимости от динамики влияющих факторов.

В отличие от представленных в научной литературе моделей развития туризма построенная математическая модель позволяет использовать ее для анализа путей развития туристического кластера в условиях отсутствия данных статистического характера. Кроме того, данная модель позволяет учитывать любые факторы, в том числе и внешнеполитические, а также

характерные для туристического сектора региона непосредственно в момент проведения исследования, которые исследователь посчитает важными для анализа ситуации в туристическом кластере региона.

Построенная математическая модель устойчивого развития туристического кластера Республики Крым может быть использована и программно интерпретирована в виде массива данных для дальнейшего исследования средствами специализированного программного обеспечения. Например, в работе [15] аналогичная математическая модель была обработана средствами среды программирования «R» а также пакета «Excel.link». Однако в контексте данного исследования дальнейший анализ построенной качественной модели не имеет практического значения.

2. Типизация задач линейного программирования рекреационной отрасли Республики Крым

В мировой практике обращения туристического продукта используются коммерческая деятельность и логистика. При этом коммерческая деятельность преобладает при продаже продукта конечному потребителю, а логистика используется при формировании туристического продукта туроператорами и при оказании туристических услуг. Следовательно, логистические технологии могут быть использованы как производителями услуг, так и туроператорами. Тем не менее, как правило, турагентства используют технологии логистики ограниченно.

Объектом логистики в туриндустрии являются информационные потоки и сопутствующие им материальные, человеческие, финансовые и сервисные потоки, связанные с формированием туристического продукта и оказанием услуг клиентам.

Использование математических моделей, а также методов оптимизации при решении современных экономических проблем курортных организаций позволяет совершенствовать механизмы своевременного и качественного предоставления услуг потенциальным туристам.

Очевидно, что задачи, существующие в туристической отрасли Республики Крым, решать простейшими арифметическими методами или исключительно на базе опыта работы невозможно, а также нецелесообразно. Таким образом, на основе входных требований к техническим задачам оптимизации туристических потоков в Республике Крым можно заключить, что наиболее подходящим классом задач, составляющих полноценную детерминированную математическую модель рекреационного комплекса полуострова являются задачи линейного программирования. Широким комплексом методов, применяемых к решению этого типа задач, могут быть в кратчайшие сроки произведены необходимые вычисления, учитывающие реальные динамические условия на рынке спроса. Это является одним из

основных, а также наиболее явных преимуществ использования методов линейной оптимизации на поле возникающих технических вопросов обеспечения рекреационной системы региона.

Стоит отметить, что любая задача математической оптимизации предполагает наличие ресурсов (потоков), для которых реализуется решение проблемы приоритетности. В зависимости от вида деятельности, выступающего полем приложения логистики, названная проблема приобретает конкретное направление. В связи с развитием туризма, в том числе на логистической основе, она актуализируется и в данной сфере. Как известно, целевой функцией логистики является предоставление заказанного товара необходимого количества заданного качества в определенное место в установленное время с оптимальными (денежными, трудовыми и временными) затратами. Проводя параллель для рекреационного направления, задачи линейной оптимизации сводятся к доставке туристического продукта до конечного потребителя наиболее логичным и удобным способом, для получения наибольшей прибыли для целевого сектора.

На основе анализа источников, посвященных коммерческой и инновационной логистике в туризме [11], [12], [13], а также данных, приведенных в таблице 1, автор предлагает выделить следующие классы задач математической оптимизации, актуальные для рекреационной базы Республики Крым:

- задачи оптимизации транспортных потоков Республики Крым. Особым экономическим ресурсом, невозпроизводимым и ограниченным, является время. Говорить о данном ресурсе в виде потока можно с определенной степенью условности. В свете сервисной логистики важным моментом становится снижение временных затрат на логических транспортных развязках;
- задачи оптимизации размещения туристических потоков. Расположение и количество филиалов необходимо осуществлять с учетом количества

- туристов, которое фирмы реально могут обслужить, доступности и привлекательности места расположения баз отдыха;
- задачи рекламной логистики;
 - задачи составления расписания;
 - задачи массового обслуживания;
 - задачи прогнозирования спроса и производства оптимального количества товара;
 - задачи оптимизации кадрового обеспечения. Важный составной элемент системы логистики. Подбору и подготовке кадров для работы с туристическим потоком придается большое значение.

Входными данными для решения логистических задач является список заявок туристов. Заявки могут включать в себя разные сервисы, но в контексте исследования научный интерес представляют трансферы и экскурсии, а также услуги, возникающие при обслуживании индивидуальных туристов. В индивидуальных сервисах турист платит за весь сервис, самостоятельно организует отдых, а также сам выбирает услуги. В групповых сервисах турист платит за место, поэтому туристический оператор вправе объединять туристов в группы, для более удобной доставки (экскурсии).

Выходными данными задач линейной оптимизации туристических потоков является оптимальный выбор набора действий, основанный на математических принципах и алгоритмах. Основной целью, заключенной в возникающих задачах оптимизации в туристическом секторе, становится поиск путей максимизации прибыли как целевой функции.

Следует отметить, что к туризму нужно подходить как к отдельному крупному и самостоятельному хозяйственному комплексу народной экономики, так как данная сфера объединяет разные отрасли, охватывая широкое пространство, которое включает предприятия и фирмы различных отраслей. Туристы в свою очередь приходятся в роли покупателей, где каждый стремится в силу своих возможностей удовлетворить все свои

потребности во время отдыха. Оплачивая услуги, товары и другие виды туристических продуктов, турист формирует спрос на путешествия и, следовательно, данным образом финансируется сама индустрия.

Что касается туристической отрасли Республики Крым, одной из наиболее актуальных проблем для региона является обеспечение транспортной составляющей. Данная проблема относится как к авиасообщению, так и к железнодорожному, а также автосообщению и строительству автомобильных дорог. Из-за не высокого уровня организации воздушных потоков внутри региона, а также в связи с незначительной процентной долей авиаперевозок [4], что в сравнении с международными перевозками является одним из главных факторов, который ограничивает развитие туризма в регионах страны, решение данных проблем придаст большое значение развитию туризма в Республике Крым.

3. Техническая реализация решения задач линейной оптимизации

Задача нахождения наибольшего (наименьшего) значения линейной функции, называемой целевой, при линейных значениях называется задачей линейного программирования. Задачи линейного программирования имеют широкое прикладное значение, так как к ним сводятся многие практические задачи, в том числе и из сферы международного туризма.

Стандартная (общая) задача линейного программирования имеет строго определенную структуру, включающую в себя целевую функцию линейной формы, не ограниченную дополнительными условиями. Тем не менее, на практике стандартный тип задач линейного программирования является слабоэффективным, так как любой тип производства предполагает ограниченный набор ресурсов и накладывает дополнительные ограничивающие условия на целевую функцию.

Такой тип задач линейной оптимизации, как основные задачи линейного программирования (ОЗЛП) предполагает наличие ограничений в их условиях, представленных в форме неравенств, что позволяет получить наибольшую прикладную пользу от решения поставленной проблемы, учитывая все внешние ограничения линейной целевой функции. Следовательно, результаты, полученные путем решения такого типа задач, могут быть в наибольшей мере приближены к реальным условиям, что дает полезный практический опыт для проводимого исследования.

В общей форме задача ОЗЛП имеет следующий вид:

$$\begin{cases} Z(X) = \sum_{j=1}^n c_{ij} x_j \rightarrow \min(\max), i = \overline{1, m} \\ Z(X) \geq b_i \\ x_j \geq 0, j = \overline{1, m} \end{cases}$$

Здесь $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – вектор переменных задачи, полностью характеризующих экономический процесс, Z – целевая функция задачи, выражения $Z(X) \geq b_i$ и $x_j \geq 0$ представляют систему ограничений задачи.

Задачи, возникающие в процессе работы рекреационной отрасли Республики Крым, являются целевыми вопросами производства туристического продукта [1], [12]. Отсюда можно сделать заключение, что, как и для любого иного вида производства, данный тип проблем предполагает наличие условно-ограниченного запаса ресурсов.

Стандартный алгоритм составления математической модели решаемой оптимизационной задачи предполагает следующие шаги:

- выбор переменных задачи: $(x_1, x_2, \dots, x_n) = X$;
- составление системы ограничений;
- выбор целевой функции: $Z(X)$.

На основании анализа исследований [11], [14] выделим самостоятельные классы переменных функций задач, которые встречаются при оптимизации линейных потоков и реализуются в сфере международного туризма:

1. Длина транспортных направлений;
2. Количество мест коллективного размещения на базах отдыха;
3. Число заселяемых туристических групп;
4. Характеристика транспортного трафика в период времени;
5. Количество мест, предусмотренных туристическим оператором;
6. Временные характеристики перемещения туристических потоков;
7. Количество единиц товара, производимых предприятием;
8. Цена на услуги, а также туристические продукты.

Рассмотренные характеристики могут встречаться в задачах линейного программирования в виде отдельных линейных переменных, а также в численной форме участвовать в процессе, подлежащему оптимизации. Отдельные классы задач, содержащих указанные переменные, требуют дальнейшего детального рассмотрения с формированием теоретических основ типичных алгоритмов решения.

Основываясь на существующих теоретических решениях в области задач линейного программирования в различных аспектах мирового

производства, приведем характеристики современных методов численного решения задач оптимизации:

- Классический метод. Представление задачи в виде системы уравнений или системы неравенств. Последующие шаги решения задачи предполагают использование методов, типичных для разрешения систем уравнений с установленным количеством переменных;
- Графический метод. Представление имеющихся характеристических величин в виде координатных осей. Система ограничений, а также имеющиеся линейные функции выступают основными компонентами строящегося графика оптимальных решений;
- Симплекс метод. Данный метод заключается в перенесении линейных характеристик задачи на задачу перебора вершин выпуклого многогранника, грани которого образованы системой ограничений задачи линейного программирования;
- Решение с использованием программного обеспечения. Данный способ решения задач линейной оптимизации предполагает использование открытого программного обеспечения, а также пакетов широко используемых языков программирования. К основным программным продуктам, широко используемым для решения задач линейного программирования, можно отнести: «Matlab», «Mathcad», «Maxima», «Microsoft Solver Foundation», «Microsoft Excel», «Wolfram Mathematica» «Scilab». К языкам программирования, включающих встроенные, а также сторонние пакеты для обработки задач линейной оптимизации, относятся: «R», «Python».

В данном исследовании решение линейных задач туристической отрасли Республики Крым было представлено с помощью системы компьютерной математики «Wolfram Mathematica» с использованием пакета «LinearOptimization». Выбор продукта обусловлен тем, что данное программное обеспечение имеет лаконичный синтаксис, а также низкие требования к наличию навыков программирования, что также может быть

полезно для пользователей, ранее не использовавших подобные продукты в прикладных целях. Среда «Mathematica» представляет собой единую интегрированную расширяющуюся систему, которая в полной мере охватывает широту и глубину вычислений и легко доступна в облачном виде через любой интернет-браузер.

Рассмотрим основные типы задач линейного программирования, типичных для рекреационной инфраструктуры Республики Крым:

1. Задача поиска кратчайшего туристического маршрута.

Запишем следующую задачу. Туристический оператор Республики Крым предлагает трансферные услуги по четырем городам республики: Ялта, Алушта, Евпатория, Коктебель. Посещение данных городов предусмотрено в рамках некой туристической программы, предполагающей путешествие с ночным размещением в пунктах отдыха. Найти кратчайший маршрут объезда городов, расстояние между которыми задано в километрах.

Поиск данных о расстоянии между городами был осуществлен при помощи инструмента «GeoDistance», являющемся функцией пакета географических вычислений системы компьютерной математики «Wolfram Mathematica».

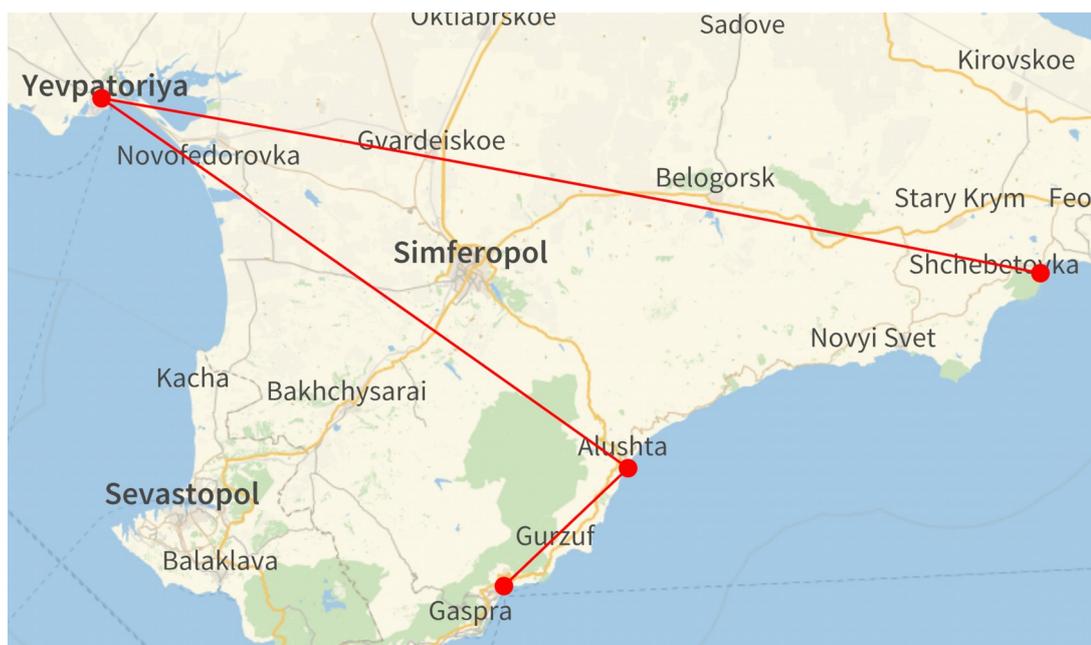


Рис. 1. Графическое представление задачи.

Источник: разработано автором.

Город	Ялта	Алушта	Евпатория	Коктебель
Ялта	0	25.056	87.8427	97.0894
Алушта	25.056	0	90.9364	72.6581
Евпатория	87.8427	90.9364	0	140.306
Коктебель	97.0894	72.6581	140.306	0

Таблица 2. Входные данные задачи №1.

Источник: разработано автором.

Для записи постановки задачи в терминах целочисленного программирования определим переменные следующим образом: $x_{ij}=1$, если трансфер направляется из города i в город j , $x_{ij}=0$ – в противном случае. Тогда задача заключается в отыскании значений переменных x_{ij} , удовлетворяющих следующим соотношениям, где $C=(c_{ij})$ – матрица расстояний из таблицы 2:

$$\left\{ \begin{array}{l} \min \left\{ Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} c_{ij} \vee x_{valid}(1)(2), x_{ij} \in \{0, 1\} \right\} \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, i=1, \dots, m(1) \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, j=1, \dots, n(2) \end{array} \right.$$

Данная задача сводится к поиску оптимального пути на графе, также известной как задача о кратчайшем пути.

Обозначим города, представленные в таблице соответственно, как i_1, i_2, i_3, i_4 .

Представим входные данные задачи в виде симметричной матрицы:

$$M = \begin{pmatrix} 0 & 25.056 & 87.8427 & 97.0894 \\ 25.056 & 0 & 90.9364 & 72.6581 \\ 87.8427 & 90.9364 & 0 & 140.306 \\ 97.0894 & 72.6581 & 140.306 & 0 \end{pmatrix}$$

Построим взвешенный связный граф, включающий все произвольные пары, присутствующие в маршруте. Для этого используем функцию «WeightedAdjacencyGraph» системы компьютерной математики «Mathematica».

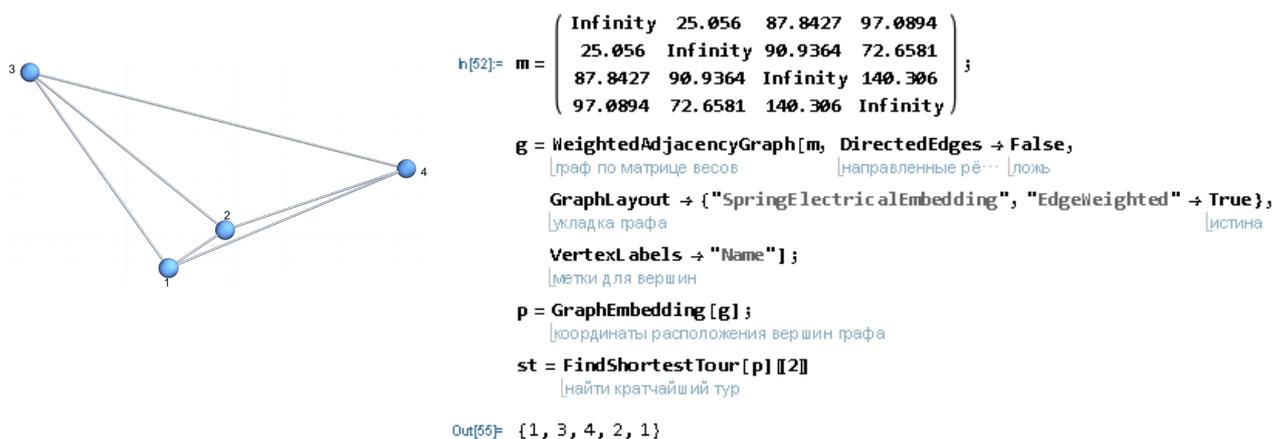


Рис. 2. Взвешенный граф матрицы расстояний. Программная реализация.

Источник: разработано автором.

Методом перебора на графе был обнаружен маршрут с минимальным расстоянием: $x = (i_1, i_3), (i_3, i_4), (i_4, i_2), (i_2, i_1)$. Теперь для данного маршрута найдем значение целевой функции:

$$Z = C(i_1, i_3) + C(i_3, i_4) + C(i_4, i_2) + C(i_2, i_1)$$

Таким образом, $Z = 87.8427 + 140.306 + 72.6581 + 25.056 = 325,8628$ (км)

2. Задача оптимального размещения туристических потоков.

Запишем следующую задачу. Некая туристическая компания города Ялта заключила с руководством гостевого дома договоренность о размещении сроком на 5 дней трех групп туристов, неопределенного общего количества заезжающих. Известно, что в гостинице имеется 25 четырехместных, 15 трехместных, 10 двухместных и 5 одноместных свободных номера. Группе первого вида требуется 2 четырехместных, 3 трехместных и 1 одноместный номер. Группе второго вида требуется 5 трехместных и 3 двухместных номера. Группе третьего номера требуется 3 четырехместных, 5 трехместных и 2 одноместных номера. Прибыль от размещения первого вида составляет 80 000, от второго вида 50000, третьего вида – 30000.

Найти план заселения групп, обеспечивающих максимальную прибыль. Вычислить значение максимальной прибыли от заселения туристов.

Если обозначить через x_1, x_2, x_3 каждую из трех соответствующих групп туристов, то задача сводится к задаче линейного программирования:

$$Z = 80000 x_1 + 50000 x_2 + 30000 x_3 \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 \leq 25 \\ 3x_1 + 5x_2 + 5x_3 \leq 15 \\ 3x_2 \leq 10 \\ x_1 + 2x_3 \leq 5 \\ x_1 \geq 0 \\ x_2 \geq 0 \\ x_3 \geq 0 \end{cases}$$

Запишем условие в виде программного кода, далее произведем необходимые вычисления при помощи пакета «LinearOptimization». Используем функцию «FindMaximum»:

```

In[116]:= FindMaximum[{80000 x + 50000 y + 30000 z,
|найти максимум
{2 x + 3 y ≤ 25 &&
3 x + 5 y + 5 z ≤ 15 &&
3 y ≤ 15 &&
x + 2 z ≤ 5 &&
x ≥ 0 &&
y ≥ 0 &&
z ≥ 0}},
{x, y, z}]

Out[116]= 400000.

```

Рис.3. Программная реализация решения задачи распределения потоков в среде «Wolfram Mathematica».

Таким образом, максимальная прибыль от размещения представленных групп туристов, вычисленная на основе линейной оптимизации, в поставленной задаче составит 400000.

Рассматриваемая технология решения задач оптимизации может быть задействована для получения эффективных управленческих решений и организации работы туристических организаций Республики Крым. Также, методы решения задач оптимизации могут быть применены к широкому классу транспортных вопросов полуострова.

Заключение

Проведенные в работе исследования были основаны на математическом программировании, а также использовании методов линейной оптимизации при решении логистических задач туристической отрасли Республики Крым.

В ходе исследования были получены следующие результаты:

- построена качественная математическая модель устойчивого функционирования рекреационной отрасли Республики Крым. Выделены ключевые факторы развития туристической отрасли полуострова, вычисленные на основе попарного сравнения зависимых и независимых переменных, входящих в математическую модель;
- проанализированы теоретические подходы к исследованию математической составляющей туризм-менеджмента;
- описана концепция туристического продукта. Проанализировано положение туристического продукта в экономической составляющей развития региона;
- теоретически обосновано применение задач линейного программирования для оптимизации работы рекреационного сектора Республики Крым;
- впервые классифицированы типы логистических задач, возникающих в процессе работы рекреационной отрасли Республики Крым;
- впервые теоретически обоснованы универсальные функциональные составляющие задач линейного программирования в туристическом секторе;
- расширена имеющаяся теоретическая база использования математических принципов в решении задач линейной оптимизации в туризме;
- впервые рассмотрено применение задач линейного программирования в туристической отрасли курортного региона Российской Федерации;
- разработаны оптимальные алгоритмы для решения логистических

задач туристического сектора на основе вычислительной эффективности;

- разработана схема решения логистических задач туристического сектора при помощи программного обеспечения прикладного типа;
- приведены типичные задачи линейного программирования, возникающие в туристической отрасли Республики Крым, основанные на реальных входящих числовых данных. Выделены способы решения данных типов задач.

Практическая значимость работы состоит в том, что разработанная система задач линейного программирования в туристическом секторе:

- Может легко масштабироваться, путем добавления новых стратегий и переменных для решения конкретной задачи в области регионального туризма;
- Может быть предложена транспортной компании или оператору с похожей структурой;
- Оптимизирует временные затраты туристического оператора на поиски решения логистических задач;

Результаты, полученные в данном исследовании, могут быть предложены к внедрению в отечественные системы бронирования туристических услуг. К организациям такого типа можно отнести: «Amadeus», «Galileo», «Сирена Тревел». Это позволит туристическим операторам, а также их клиентам упростить поиск оптимальных решений возникающих вопросов, связанных с логистикой размещения, а также транспортного перемещения. Представленные задачи линейной оптимизации могут послужить примерной основой для поиска оптимальных туров по местности, расчёта времени посещения культурных и развлекательных объектов, а также способов размещения организованных туристических групп.

Теоретические аспекты, полученные в ходе проведения исследования, могут быть рекомендованы к изучению в рамках реализации образовательной

программы высшего образования по направлению «Туризм», а также в математических приложениях дисциплины.

В процессе проведения исследования большое внимание было уделено реализации государственных программ развития туризма. Подчеркнута актуальность рассмотрения вопроса для Республики Крым в качестве одного из приоритетных направлений исследовательской работы. Выделены характеристики туристической отрасли региона, в полной мере отвечающие указанным требованиям нормативных документов. Также были приведены актуальные данные по ключевым направлениям устойчивого развития туризма Республики Крым.

Представленная теоретическая система задач линейного программирования в туризме может быть дополнена и расширена исследованиями, приводящимися для иных туристических субъектов РФ. Список типичных задач может быть дополнен с учетом специфики региона и его текущей экономической ситуации. Варианты имитационных качественных математических моделей развития регионального туризма могут быть дополнены новыми внешними факторами, отражающими текущую специфику оказания туристических услуг, а также имеющимся списком туристических продуктов.

Библиографический список

1. Шамилева Э.Э. О туристско-рекреационном комплексе Республики Крым / Э.Э. Шамилева // Международный научно-исследовательский журнал. - 2020. - №10 (100). <https://doi:10.23670/IRJ.2020.100.10.032>
2. Постановление СМ РК от 29 декабря 2016 года № 650 «Об утверждении Государственной программы развития курортов и туризма в Республике Крым на 2017-2020 годы». [Электронный ресурс] URL: <http://docs.pravo.ru/document/view/90575263> (дата обращения: 20.09.2022)
3. Распоряжение Правительства РФ от 20.09.2019 N 2129-р «Об утверждении Стратегии развития туризма в Российской Федерации на период до 2035 года». [Электронный ресурс] URL: <http://government.ru/docs/37906/> (дата обращения: 20.09.2022)
4. Официальный портал Министерства курортов и туризма Республики Крым / Статистические данные. [Электронный ресурс] URL: <https://mtur.rk.gov.ru/ru/structure/14> (дата обращения: 20.09.2022)
5. Официальный портал Министерства курортов и туризма Республики Крым / О развитии санаторно-курортной и туристической отрасли Республики Крым за 2021 год. [Электронный ресурс] URL: https://mtur.rk.gov.ru/uploads/txteditor/mtur/attachments//d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/phpcrLkJV_7.pdf (дата обращения: 20.09.2022)
6. Сапарова, Г. Б. Математические модели устойчивого развития туризма / Г. Б. Сапарова, У. М. Исламбек // Известия Ошского технологического университета. – 2020. – № 1. – С. 166-169
7. Калиниченко В. И. Моделирование и оптимизация стратегий развития рекреационно-туристских территорий // Пространство экономики. 2009. №3-2.
8. Медведева С.Н., Павлюк В.П. Применение экономико-математического моделирования в оценке конкурентоспособности предприятий туриндустрии. Статистика и Экономика. 2020;17(6):43-53. <https://doi.org/10.21686/2500-3925-2020-6-43-53>
9. Статистика туризма: учебник / коллектив авторов; под ред. А.Ю. Александровой. — М.: Федеральное агентство по туризму, 2014. — 464 с.
10. Яковенко Ирина Михайловна, Страчкова Наталья Васильевна Туристско-рекреационный комплекс Республики Крым: пять лет в составе России // Географическая среда и живые системы. 2019. №2.
11. Третьяков С.А. Подсистема логистики туристического оператора/ С.А. Третьяков // Информационные технологии и управление: материалы 50-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов (Минск, 24—28 марта 2014 года) / [редколлегия: Л. Ю. Шилин и др.]. — С. 37

12. Янковенко В. А. Логистика в туризме: учеб.-метод. Пособие / В.А. Янковенко. – Минск: РИПО, 2014. – 47 с.
13. Воскресенский, В. Ю. О логистике въездного туризма / В. Ю. Воскресенский // Российский внешнеэкономический вестник. – 2021. – № 4. – С. 114-123. – DOI: 10.24412/2072-8042-2021-4-114-123
14. Скоробогатова Татьяна Николаевна Логистика туризма в фокусе новых логистических направлений // Сервис в России и за рубежом. 2016. №1 (62). – С. 124 – 136. – DOI: 10.12737/19175
15. Хазова Д.С. Качитативное моделирование развития туризма в Республике Алтай: сравнение однокритериальной и многокритериальной моделей // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2014. №35. – С. 59-67
16. Дугаренко И.А. Ресторанное хозяйство Крыма как фактор развития туризма // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2018. №2. – С. 66-77