

DOI: [10.17323/2587-814X.2022.3.53.67](https://doi.org/10.17323/2587-814X.2022.3.53.67)

Укрупненная имитационная модель динамики туристической отрасли*

А.М. Гинцяк 

E-mail: aleksei.gintciak@spbpu.com

М.В. Болсуновская 

E-mail: marina.bolsunovskaia@spbpu.com

Ж.В. Бурлуцкая 

E-mail: zhanna.burlutsкая@spbpu.com

А.А. Петряева 

E-mail: alexandra.petryaeva@spbpu.com

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)

Адрес: Россия, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29

Аннотация

Статья посвящена разработке укрупненной имитационной модели динамики туристической отрасли. Целью исследования является формирование рекомендаций по восстановлению туристической отрасли от последствий пандемии. Полученная модель рассматривает внутренний туризм с точки зрения взаимозависимости экономического состояния государства, вклада индустрии туризма в валовый внутренний продукт, размера туристического потока и среднего дохода на одного туриста. В дополнение к описанию функциональных зависимостей элементов модели предлагаются последовательные эксперименты для проверки логики взаимосвязей элементов. Для разработки модели используются инструменты системной динамики. В исследовании также рассматривается класс вычислительных моделей общего равновесия (computable general equilibrium) как инструмент анализа спроса и предложения на рынке туристических продуктов.

Ключевые слова: системная динамика, имитационное моделирование, туризм, модель внутреннего туризма, экономика

Цитирование: Гинцяк А.М., Болсуновская М.В., Бурлуцкая Ж.В., Петряева А.А. Укрупненная имитационная модель динамики туристической отрасли // Бизнес-информатика. 2022. Т. 16. № 3. С. 53–67. DOI: [10.17323/2587-814X.2022.3.53.67](https://doi.org/10.17323/2587-814X.2022.3.53.67)

* Статья опубликована при поддержке Программы НИУ ВШЭ «Университетское партнерство»

Введение

Последние два года мы живем в условиях неблагоприятной эпидемиологической ситуации. Пандемия нанесла существенный удар как по здоровью населения, так и по экономике стран [1–3]. Крупнейшие рейтинговые агентства ежемесячно обновляют отчеты с оценкой потерь национальных экономик. Особенно пострадали страны с «формирующимися» экономиками [1] и высокими долговыми нагрузками. В докладе ООН от 25 января 2021 года указывается, что в 2020 году мировая экономика потеряла около 5%, что значительно превышает последствия финансового кризиса 2009 года [2]. ООН призывает к совместному финансированию отдельных отраслей со стороны государств для восстановления экономики. Наиболее пострадавшей отраслью, нуждающейся в поддержке, является отрасль туризма [4].

Индустрия туризма является жизненно важной частью экономики стран, в среднем на нее приходится 5–15% валового внутреннего продукта (ВВП) только для развитых стран и более 40% для отдельных государств. Роль туризма в благосостоянии населения раскрывается через миллионы рабочих мест и предприятий. Туризм также является движущей силой в защите природного и культурного наследия, являясь дополнительным источником финансирования. Более того, исследователи отмечают, что экономический рост напрямую связан с развитием туристической инфраструктуры, которая в некоторых случаях может служить инструментом преодоления экономического кризиса [5].

Учитывая все новые волны заболеваемости, восстановление туристического сектора должно начинаться с развития внутреннего туризма. Эта стратегия обеспечит снижение риска заболеваемости граждан, повысит инвестиционную привлекательность страны для иностранных инвестиций, а также будет стимулировать развитие предпринимательской деятельности не только в основных городах, но и по всей стране [6].

Однако неконтролируемое развитие индустрии туризма в пределах одной страны может привести к резкому дисбалансу денежных потоков между регионами, истощению ресурсов, монополизации отдельных предприятий и ухудшению состояния исторических объектов [7, 8]. Каждый регион по-своему уникален, и необходимо оказывать инвестиционную поддержку в соответствии с их особенностями [9]. Такие важные управленческие

решения не могут быть приняты без полной информационно-аналитической поддержки, которая может быть обеспечена моделью внутреннего туризма и моделью данных соответственно [10, 11].

Моделирование социально-экономических систем связано с рядом сложностей, выраженных в снижении уровня детерминированности системы. Для решения данной проблемы необходимо разработать подход, обеспечивающий интеграцию следующих инструментов моделирования технических систем.

На первом этапе разработки модели необходимо сфокусироваться на разработке системно-динамической модели, описывающей взаимосвязи ключевых элементов и позволяющей оценить взаимовлияние экономического роста и развития туристического сектора [12–14]. В ходе работы была разработана укрупненная модель внутреннего туризма. Кроме того, была рассмотрена применимость вычислительных моделей общего равновесия (Computable General Equilibrium, CGE), как возможное расширение для модели внутреннего туризма [15–21].

1. Материалы и методы

1.1. Анализ существующих подходов

Имитационные модели позволяют заменить изучаемую предметную область моделью, описывающей поведение системы и ее ключевые показатели. Такой подход обеспечивает прозрачность процессов, происходящих внутри системы, а значит, позволяет прогнозировать ее развитие с учетом изменений различных показателей. В анализируемых статьях используются два типа имитационных моделей: системная динамика и агентное моделирование. Системная динамика рассматривает взаимодействие следующих объектов: запасов (накопленные значения показателей), потоков (числовыми эквивалентами значений показателей заданного периода), преобразователями (вспомогательными величинами для расчета потоков и аналогичных преобразователей) [22]. Визуализация моделей в системной динамике основана на статической комбинации элементов всех трех типов, связанных определенным образом. Важной особенностью моделей в системной динамике является способность качественно прогнозировать поведение системы без проведения имитационного эксперимента на основе причинно-следственных связей, которые представлены и визуализируются в модели [23–25].

Системная динамическая модель используется в качестве альтернативы моделям прогнозирования для сценарного планирования туристических направлений [26]. Преимуществом моделей системной динамики является способность учитывать естественные ограничения системы [27]. Имитационные модели идеально подходят для анализа рисков и перспектив определенных управленческих решений. Использование CGE модели, адаптированной к сектору туризма, позволяет оценить наиболее перспективные направления инвестиций с точки зрения последующего воздействия на экономику страны и долговечности результатов [9]. Используемая модель позволяет экономическим агентам в совершенстве предвидеть спрос на туризм, чтобы они могли полностью адаптироваться к будущим условиям.

CGE модель является вычислимой моделью общего равновесия и используется для обеспечения равновесия между отраслями в экономическом моделировании. Чем больше отраслей, регионов, видов потребителей появляется в модели, тем сложнее решить такую модель аналитически, поэтому используются численные методы, обрабатываемые компьютерными мощностями.

CGE модели применяются для различных отраслей экономики, в частности для оценки влияния инвестиций на отдельные экономические продукты [7]. Среди наиболее значимых моделей, основанных на концепции вычисляемых моделей общего равновесия можно выделить модель экономики Австралии MONASH, а также аналогичная модель для экономики США – USAGE и RUSEC – для Российской экономики [17, 18]. Модель RUSEC является примером использования моделей CGE для описания влияния конкретной отрасли на основные макроэкономические показатели страны [19, 20], поэтому связывает изменения тарифов на газ с экономической ситуацией в Российской Федерации [21].

Базовая структура CGE модели содержит четыре экономических агента:

- ◆ домохозяйства;
- ◆ фирмы;
- ◆ государство;
- ◆ внешний мир.

Каждый из агентов связан с другими и является одновременно источником и поставщиком. Таким образом, домохозяйства являются потребителями

товаров и финансовой поддержки, но и поставщиками труда и налоговых выплат. Фирмы получают доход от товаров, но и потребителями труда. Государство отвечает за инвестиции и получает налоги. Внешний мир в данном случае является дополнительным источником инвестиций, потребляющим товары.

Каждый тип агентов руководствуется определенными правилами в принятии решений. Данные правила описываются математическими функциями, наиболее популярным выбором для описания взаимодействия экономических агентов является CES-функция (Constant Elasticity of Substitution, постоянная эластичность замещения).

Стоит отметить, что использование всех четырех экономических агентов не является обязательным. В некоторых трудах можно найти описание только трех агентов, как основы CGE-модели, что позволяет сделать вывод о допустимости применения такого подхода.

По аналогии с базовой структурой модели CGE можно представить динамику туристических процессов как:

- ◆ профиль туриста (домохозяйства);
- ◆ инфраструктура туристических продуктов (фирмы);
- ◆ отток туристического потока (внешний мир).

В данном случае под профилем туриста следует понимать экономического агента с собственными особенностями и потребностями, основного потребителя туристических продуктов.

Под инфраструктурой туристических продуктов скрывается множество фирм – источников потребительских продуктов. В данный показатель входят: места размещения, продукты питания, транспорт, мероприятия и многое другое.

Отток туристического потока в данном случае эквивалентен оттоку доходов от туристов. Стоит отметить, что он в некоторой степени будет компенсироваться въездным туризмом.

Необходимо сохранить структуру модели CGE, чтобы в дальнейшем модель могла включать показатели спроса и предложения на рынке туристических продуктов. Таким образом, задачей данной работы является разработка высокоуровневой модели, которая будет доработана в рамках дальнейших исследований в соответствии с концепцией моделей CGE [30–36].

1.2. Исходные данные

В целях разработки модели и ее тестирования было принято решение самостоятельно найти и отобрать данные. При отборе источников данных был сделан акцент на их открытости и достоверности. В конечном итоге все данные, используемые в модели были взяты с сайта Всемирной Организации Туризма.

Стоит отметить, что в рамках разработки и тестирования модели не делался акцент на использовании данных о Российской Федерации. В данном случае, необходимо было остановиться на развитой стране со стабильными экономическими показателями, обладающими минимальным количеством туристических зон. Последнее требование обусловлено невозможностью получить достоверные результаты, основываясь на среднем показателе по целому ряду различных точек притяжения. Основываясь на заявленных требованиях выбор страны для исследования остановился на Австрии, по ряду следующих причин:

- ◆ относительная полнота данных в сравнении с другими странами;
- ◆ стабильный вклад туристической отрасли в ВВП страны (порядка 6%);
- ◆ развитый внутренний туризм (не менее 40% от туристического потока);
- ◆ стабильность экономических показателей;
- ◆ страна входит в список развитых стран;
- ◆ относительная ограниченность туристических точек притяжения.

Важно было определить и предоставить по крайней мере несколько необходимых показателей [22–25]. Ниже представлен список показателей, который удалось найти в открытых источниках, временной диапазон 2008–2018 гг.:

- ◆ туристы, тыс. чел. (въездной туризм);
- ◆ расходы на туризм в стране в млн. долларов США (въездной туризм);
- ◆ туристы, тыс. чел. (выездной туризм);
- ◆ расходы на туризм в стране в млн. долларов США (выездной туризм);
- ◆ туристы, тыс. чел. (внутренний туризм);
- ◆ расходы на туризм в стране в млн. долларов США (въездной туризм);
- ◆ ВВП;
- ◆ вклад туризма в ВВП.

2. Описание модели

В рамках исследования была разработана упрощенная модель динамики туристической отрасли. Основной целью модели является анализ связи между индустрией туризма и благосостоянием населения страны. Такое упрощение позволит нам доработать модель в будущем, учитывая специфику ценовой политики, производства, экономической ситуации и мер по сдерживанию эпидемии каждой страны в отдельности.

Элементы разрабатываемой модели можно разделить на три группы согласно целям вычисления:

- ◆ расчет вклада туристической отрасли в ВВП;
- ◆ расчет прибыли от потребления туристических продуктов в рамках внутреннего туризма;
- ◆ расчет туристического потока в рамках внутреннего туризма.

Полученная модель представлена на *рис. 1*.

В модели представлены два показателя, содержащие накопленные значения существующих потоков:

Общий туристический поток ($T.t.f.$) – накопленное значение туристического потока, отражающее количество туристических поездок граждан данной страны за указанный период времени. Данный показатель напрямую зависит от темпов роста количества туристов ($T.f.g.$).

$$T.t.f.(t) = T.t.f.(t - dt) + (T.t.g.) \cdot dt \quad (1)$$

Общий доход ($T.i.$) – накопленное значение прибыли от туристических продуктов. Данный показатель зависит от уровня годовой прибыли от туристических продуктов ($Y.i.$).

$$T.i.(t) = T.i.(t - dt) + (Y.i.) \cdot dt \quad (2)$$

Также модель включает два потока, которые предшествуют изменениям показателей, содержащих накопленные значения существующих потоков:

Прирост туристического потока ($T.f.g.$) – темп прироста туристического потока. Данный показатель зависит от уровня роста туристической отрасли ($T.f.g.r.$), а также от максимально возможного размера туристического потока ($M.t.f.$), который является ограничением системы.

$$T.f.g. = (M.t.f. - T.t.f.) \cdot 2^{\left(\frac{-1}{T.f.g.r.}\right)} \quad (3)$$

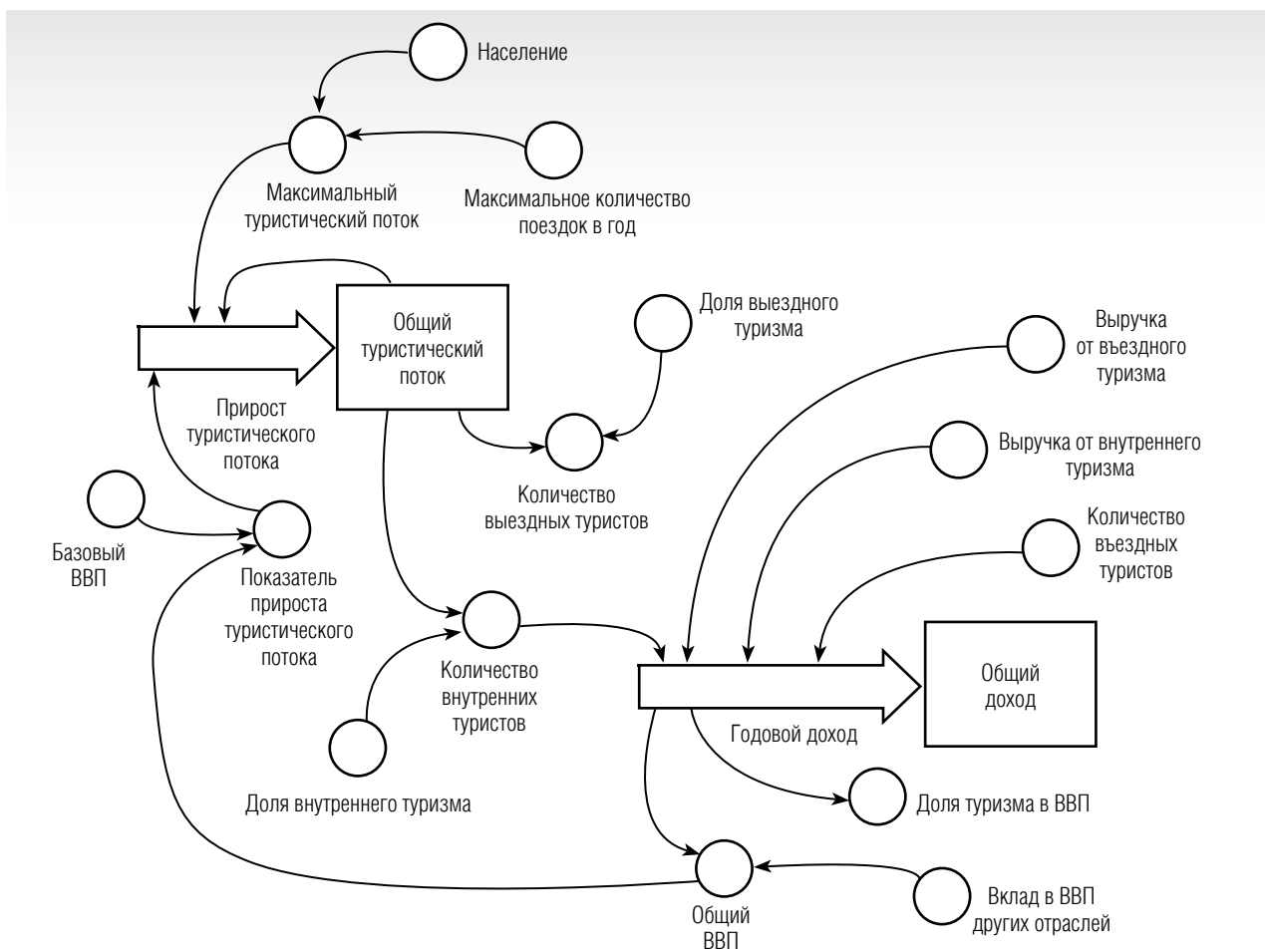


Рис. 1. Модель внутреннего туризма.

Годовой доход (Y_i) – темп годового прироста прибыли от туристического потока. Данный показатель зависит от количества внутренних туристов ($D.t.n.$), количества въездных туристов ($I.t.n.$), среднего дохода от одного внутреннего туриста ($C.d.t.$), среднего дохода от въездного туриста ($C.i.t.$).

$$Y_i = C.d.t. \cdot D.t.n. + C.i.t. \cdot I.t.n. \quad (4)$$

В модели также присутствуют пятнадцать конвертеров, необходимых для вычисления потоковых значений:

Базовый ВВП ($B. GDP$) – базовое значение ВВП Австрии. Необходимо для оценки ежегодного прироста в ВВП. В модели задается статичное значение.

$$B. GDP = 426000000000 \text{ (USD)}. \quad (5)$$

Выручка от внутреннего туриста ($C.d.t.$) – средний доход от внутреннего туриста. В прототипе

задается статичное значение. Однако данный показатель является одним из основных рычагов воздействия на модель.

$$C.d.t. = 600 \text{ (USD)}. \quad (6)$$

Выручка от въездного туриста ($C.i.t.$) – средний доход от въездного туриста. В прототипе задается статичное значение. Однако данный показатель является одним из основных рычагов воздействия на модель.

$$C.i.t. = 800 \text{ (USD)}. \quad (7)$$

Доля внутреннего туризма ($D.t.s.$) – доля туристов, предпочитающих внутренний туризм. В прототипе задается постоянное значение, однако именно этот показатель будет рычагом воздействия на модель.

$$D.t.s. = 0,5. \quad (8)$$

Количество внутренних туристов ($D.t.n.$) – фактическое количество внутренних туристов. Зависит от накопленного значения туристического потока ($T.t.f.$) и доли внутреннего туризма ($D.t.s.$).

$$D.t.n. = D.t.s. \cdot T.t.f. \quad (9)$$

Вклад в ВВП других отраслей ($GDP.o.i.$). В прототипе задается постоянное значение.

$$GDP.o.i. = 400000000000 \text{ (USD)}. \quad (10)$$

Количество въездных туристов ($I.t.n.$) – фактическое количество въездных туристов. В прототипе задается постоянное значение.

$$I.t.n. = 25000000. \quad (11)$$

Максимальный туристический поток ($M.t.f.$) – максимально возможное количество туристов. Зависит от максимального количества поездок одного туриста в год ($M.t.y.$) и от фактического значения населения ($P.$).

$$M.t.f. = P. \cdot M.t.y. \quad (12)$$

Максимальное количество поездок в год ($M.t.y.$) – максимальное количество поездок одного туриста

$$M.t.y. = 4. \quad (13)$$

Доля выездного туризма ($O.t.s.$) – доля туристов, предпочитающих выездной туризм. В модели задается постоянное значение, однако в дальнейшем этот показатель будет регулироваться.

$$O.t.s. = 0,5. \quad (14)$$

Количество выездных туристов ($O.t.n.$) – фактическое значение выездных туристов. Зависит от накопленного значения туристического потока ($T.t.f.$) и доли выездного туризма ($O.t.s.$).

$$O.t.n. = O.t.s. \cdot T.t.f. \quad (15)$$

Население ($P.$) – фактическое значение населения. В модели задается постоянное значение.

$$P. = 8900000. \quad (16)$$

Общий ВВП ($T.GDP$) – значение ВВП. Зависит от прибыли от других отраслей ($GDP.o.i.$) и от годовой выручки от туристических продуктов ($Y.i.$).

$$T.GDP = GDP.o.i. + Y.i. \quad (17)$$

Доля туризма в ВВП ($T.s.GDP$) – процентное значение вклада туристической отрасли в ВВП. Предполагается, что рост этого показателя будет положительно влиять на динамику показателей модели. Рассчитывается на основании годового дохода ($Y.i.$) от туристических продуктов к общему значению ВВП ($T.GDP$).

$$T.s.GDP = \frac{Y.i.}{T.GDP} \cdot 100. \quad (18)$$

Показатель прироста туристического потока ($T.f.g.r.$) показывает динамику изменения значения ВВП. Зависит от общего значения ВВП ($T.GDP$) и базового значения ВВП ($B.GDP$).

$$T.f.g.r. = \frac{T.GDP}{B.GDP} - 1. \quad (19)$$

Все статичные значения заданы на основании анализа исходных данных и представляют из себя средние показатели за 11 лет.

В рамках одной из целей моделирования, подготовки аналитической базы для принятия обоснованных управленческих решений, целью будет максимизация отдачи от инвестиций в туристические продукты, а именно – максимизация вклада туристической отрасли в ВВП.

После этапа верификации модели на доступных данных будет проведена доработка модели с учетом возможного финансирования отдельных туристических продуктов (гостиниц, дорог, мероприятий и так далее). Сложность этого этапа в недостатке данных для проверки гипотез о влиянии инвестиций на увеличение выручки от туристических продуктов, именно поэтому этот этап не рассматривается в рамках данной работы.

Эти значения показателей обеспечивают статическое состояние модели, когда уровень показателей остается стабильным, за исключением накопленных значений.

3. Результаты моделирования и обсуждение

Для проверки работы модели необходимо провести серию экспериментов. Ниже представлена таблица с описанием эксперимента и ожидаемого результата. То, насколько совпадут ожидаемые и реальные результаты и определяет качество модели (таблица 1).

Предложенные эксперименты реализованы с использованием программного продукта iThink.

Таблица 1.

Описание экспериментов

№	Описание эксперимента	Описание ожидаемых результатов
0	Нулевой запуск, значения описаны выше.	Модель в статичном состоянии, все показатели остаются на одном уровне во всех рассматриваемых периодах.
1	Меняем показатели долей распределения внутреннего туризма и выездного туризма: 0,65 и 0,35 соответственно.	Предполагается рост годового дохода от туризма и незначительный прирост туристического потока.
2	Меняем вклад других отраслей, увеличиваем до 500000000000 (USD).	Предполагается, что доля вклада туризма упадет, туристический поток и ВВП вырастет.
3	Возвращаем ценность для других отраслей и удваиваем доход от внутреннего туризма.	Ожидается увеличение вклада туризма в ВВП, а также увеличение годового дохода.

На основании данных экспериментов проверяется логическая составляющая модели, и их взаимосвязей. Отрабатываются связи следующих показателей:

- ♦ влияние доли внутреннего туризма на доходы от туризма и рост ВВП;
- ♦ зависимость ВВП от доходов от туризма и доходов от других отраслей;
- ♦ влияние дохода от одного туриста на годовой доход от туризма, доли туризма в ВВП.

Проведем тестовое моделирование на 10 лет с целью проверки стабильности модели.

Прирост на графике общего дохода от туризма равномерно увеличивается, поскольку происходит ежегодный равный прирост (рис. 2).

Общий туристический поток (рис. 3) остается постоянным.

Годовой доход стабилен, поэтому график представляет собой прямую линию, параллельную оси ординат (рис. 4).

Еще одним важным показателем, который имеет смысл отображать на графике, является вклад индустрии туризма в ВВП (рис. 5). На нулевом запуске вклад стабилен и составляет чуть более 6%.

Проведем тестовое моделирование в течение 10 лет с учетом увеличения доли внутреннего туризма до 65%. Такого результата можно достичь за счет повышения уровня привлекательности страны по сравнению с другими направлениями. Посмотрим, как изменится доход от туризма после результатов экспериментов.

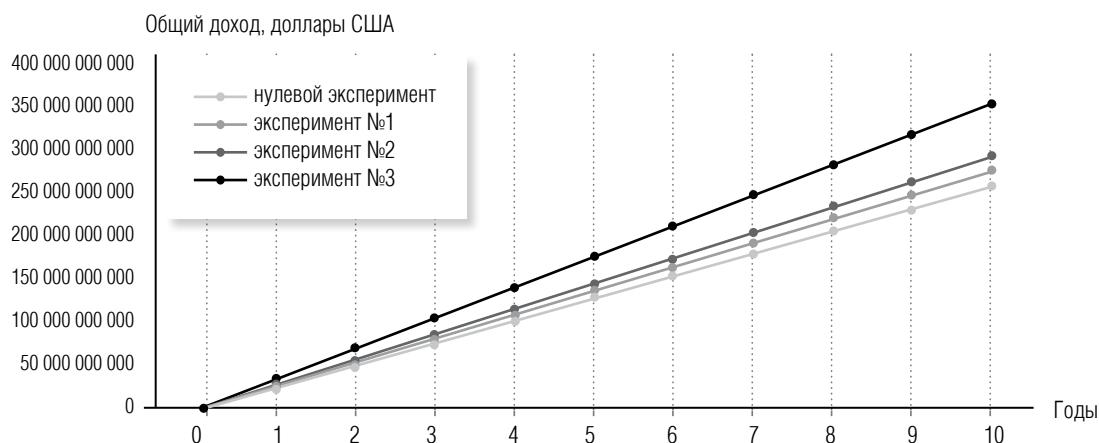


Рис. 2. Общий доход.

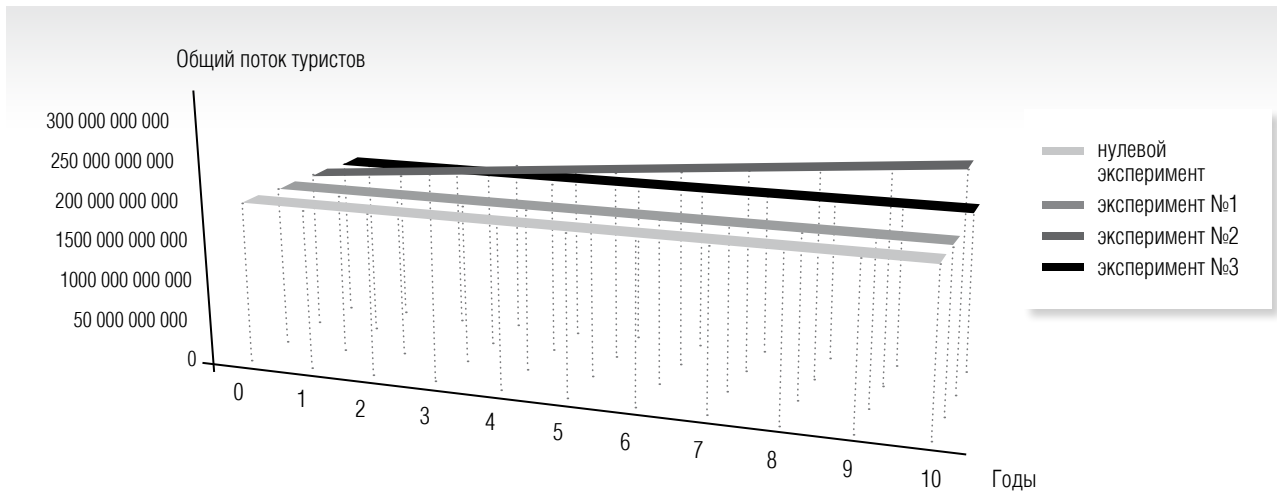


Рис. 3. Общий туристический поток.

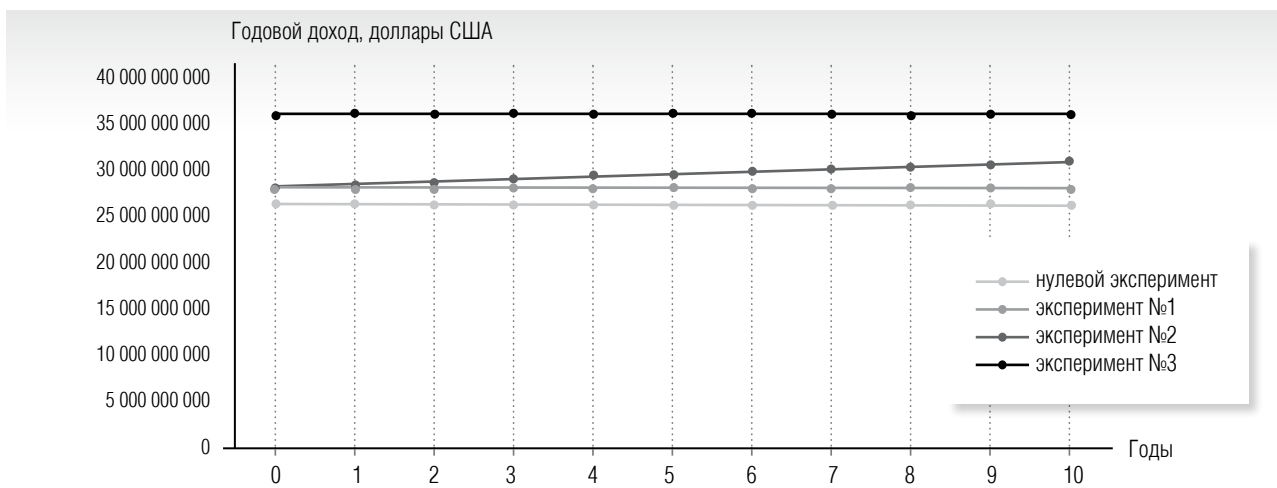


Рис. 4. Годовой доход.

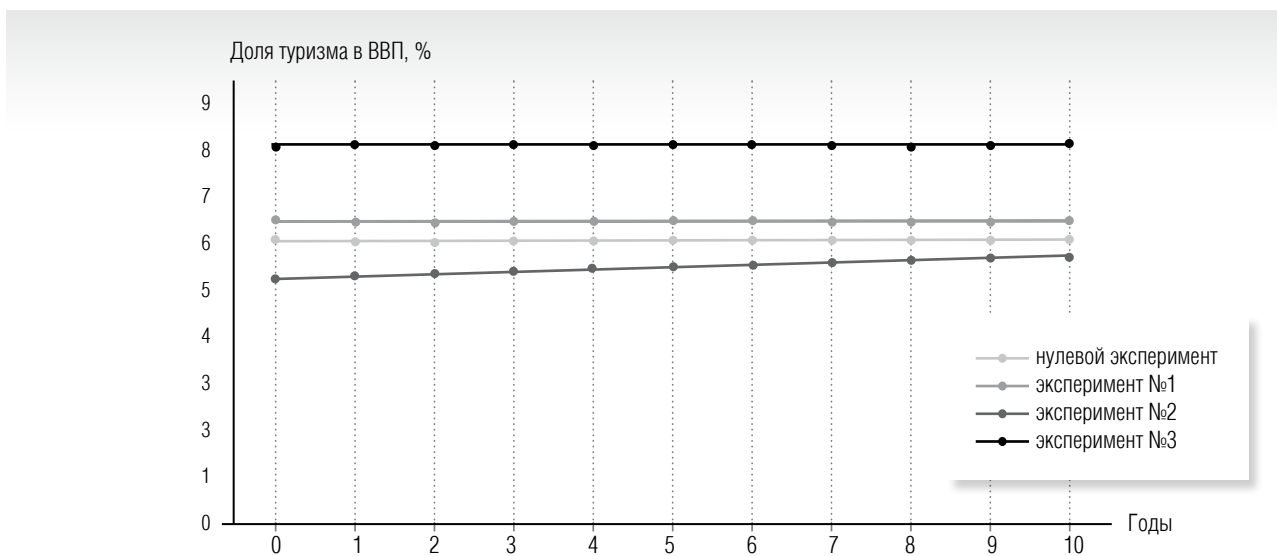


Рис. 5. Вклад индустрии туризма в ВВП.

График показывает, что тест показал аналогичные значения туристического потока по сравнению с нулевыми тестами. Это связано с медленным ростом туристического потока из-за относительно небольшого вклада индустрии туризма в ВВП (рис. 2).

Особое внимание следует обратить на значения следующего показателя (рис. 4). Увеличение годового дохода от туристических продуктов должно было привести к увеличению вклада индустрии туризма в ВВП (рис. 5). Показатель вклада туристической отрасли увеличился почти на процент, что соответствует ожидаемым результатам.

Поскольку доля туризма составляет около 6% от общего объема ВВП, трудно отследить изменение туристического потока в зависимости от роста ВВП. Поэтому в рамках проверки работы модели мы увеличим вклад других отраслей, чтобы проследить зависимость туристического потока от уровня благосостояния.

На графике показано изменение тенденции роста доходов от туристических продуктов. По сравнению с результатами первых экспериментов наблюдается значительный нелинейный рост показателя.

Туристический поток, с учетом последних изменений, приобрел тенденцию к нелинейному увеличению значений показателя.

Годовой доход приобрел тенденцию к росту. График показывает нелинейность роста (рис. 4).

На графике показано изменение доли индустрии туризма, что объясняется изменением доли других отраслей (рис. 5). Интересно, что доля туристической отрасли приобрела тенденцию к нелинейному, но ощутимому росту, что еще раз доказывает взаимное влияние развития секторов экономики друг на друга.

Проведем третий эксперимент. Вернем значения вклада других отраслей и вернемся к моделированию индустрии туризма. Предположим, что повышение привлекательности страны повлияло на долю внутреннего туризма, что привело некоторых из категории «дорогих» туристов к желанию отдохнуть в родной стране. Это вызвало резкое увеличение среднего дохода на одного туриста – в два раза.

Рассмотрим изменение общего дохода (рис. 2). График показывает, что общий доход от увеличения дохода от одного туриста растет значительно лучше, чем при увеличении общего дохода от других отраслей.

Туристический поток снова выравнивается до прежних значений (рис. 3).

График показывает, что общий доход от увеличения дохода от одного туриста растет значительно лучше, чем при увеличении общего дохода от других отраслей.

Годовой доход вернулся к стабильному уровню, но значительно превысил его по сравнению с результатами предыдущих экспериментов.

Увеличение стоимости одного туриста вызвало значительное увеличение доли индустрии туризма в ВВП страны, сейчас этот показатель составляет более 8%.

В рамках этой работы была проведена серия экспериментов. На этом этапе необходимо сравнить ожидаемые результаты с фактическими результатами модели.

Сравнительный анализ представлен в *таблице 2*.

Результаты экспериментов подтвердили применимость модели для оценки экономической зависимости уровня благосостояния граждан, размера туристического потока и вклада туристической индустрии в ВВП. Подтверждается актуальность инвестирования в туристическую отрасль, как способа восстановления экономики и увеличения прибыли для бизнеса и государства.

На основании экспериментов можно сделать вывод о стабильности модели и логически корректной взаимосвязи показателей. Результаты экспериментов не противоречат логике и вписываются в общую концепцию взаимосвязи элементов в модели внутреннего туризма. Соответственно, результаты первой укрупненной модели можно считать успешными.

Полученная модель представляет собой укрупненную имитационную модель динамики индустрии туризма. Планируется разработать модель с учетом анализа межотраслевых связей, вклада различных туристических продуктов и сезонности спроса. Также необходимо интегрировать в модель элементы влияния ковидных ограничений и изменений на макроэкономическом уровне на туристический поток.

Заключение

Данная работа посвящена разработке укрупненной модели внутреннего туризма, описывающей зависимость экономического состояния государства от развития туристического сектора. В моде-

Описание результатов

№	Описание эксперимента	Описание ожидаемых результатов	Соответствие результатам
0	Нулевой запуск, значения описаны выше.	Модель в статичном состоянии, все показатели остаются на одном уровне во всех рассматриваемых периодах.	Успешно, все показатели остаются неизменными на всех промежутках
1	Меняем показатели долей распределения внутреннего туризма и выездного туризма: 0,65 и 0,35 соответственно.	Предполагается рост годового дохода от туризма и незначительный прирост туристического потока.	Успешно, прирост в годовом доходе и вкладе отрасли туризма к стабильным значения туристического потока.
2	Меняем вклад других отраслей, увеличиваем до 500000000000 (USD).	Предполагается, что доля вклада туризма упадет, туристический поток и ВВП вырастет.	Успешно, доля индустрии туризма упала, но продемонстрировала тенденции роста за счет увеличения накопленной стоимости дохода. График туристического потока также показал значительный рост. Ограничения модели также работают и проявили себя в падении темпов роста туристического потока после достижения максимума.
3	Возвращаем значение для других отраслей и увеличиваем доход от внутреннего туризма в два раза.	Предполагается увеличения вклада туризма в ВВП, а также увеличение годового дохода.	Успешно, вклад индустрии туризма увеличился, как и общий доход.

ли используются данные Всемирной Организации Туризма. В рамках работы была разработана укрупненная модель внутреннего туризма с описанием функциональных зависимостей элементов модели. Полученная модель была протестирована на соответствие логике функциональных зависимостей между элементами, определенных в результате анализа международного опыта моделирования туристических процессов. Полученные результаты позволяют связать показатели вклада индустрии туризма в ВВП страны, туристический поток и доходы от потребления туристических продуктов. Это исследование является первым этапом проекта по разработке модели внутреннего туризма, которая

учитывает естественные ограничения системы, такие как экологическая ситуация, доступные трудовые ресурсы и состояние памятников исторического наследия, а также учитывает функциональные характеристики склонности туристов экономить и тратить для разных групп рентабельности, разделения туристических продуктов по видам и другим экономическим показателям. ■

Благодарности

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (государственное задание № 075-03-2021-050 от 29.12.2020).

Литература

- Smith R.D., Keogh-Brown M.R. Macroeconomic impact of pandemic influenza and associated policies in Thailand, South Africa and Uganda // *Influenza and other Respiratory Viruses*. 2013. Vol. 7. P. 64–71. <https://doi.org/10.1111/irv.12083>
- Beckman J., Countryman A.M. The importance of agriculture in the economy: Impacts from COVID-19 // *American Journal of Agricultural Economics*. 2021. Vol. 103. No. 5. P. 1595–1611. <https://doi.org/10.1111/ajae.12212>
- Deriu S., Cassar I.P., Pretaroli R., Socci C. The economic impact of Covid-19 pandemic in Sardinia // *Research in Transportation Economics*. 2021. Vol. 93. 101090. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2021.101090>
- Pham T.D., Dwyer L., Su J.-J., Ngo T. COVID-19 impacts of inbound tourism on Australian economy // *Annals of Tourism Research*. 2021. Vol. 88. 103179. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2021.103179>

5. Dogru T., Bulut U. Is tourism an engine for economic recovery? Theory and empirical evidence // *Tourism Management*. 2018. Vol. 67. P. 425–334. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2017.06.014>
6. Esfandiari K., Sharifi-Tehrani M., Pratt S., Altinay L. Understanding entrepreneurial intentions: A developed integrated structural model approach // *Journal of Business Research*. 2019. Vol. 94. P. 172–182. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2017.10.045>
7. Berawi M.A. Accelerating sustainable infrastructure development: Assuring well-being and ensuring environmental sustainability // *International Journal of Technology*. 2016. Vol. 7. No. 4. P. 527–529. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v7i4.3829>
8. Widaningrum D.L., Surjandari I., Sudiana D. Analyzing land use changes in tourism development areas: A case study of cultural world heritage sites on Java Island, Indonesia // *International Journal of Technology*. 2020. Vol. 11. No. 4. P. 688–697. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v11i4.4097>
9. Blake A. The dynamics of tourism's economic impact // *Tourism Economics*. 2009. Vol. 15. P. 615–628. <https://doi.org/10.5367/000000009789036576>
10. Makarov V., Ayyazyan S., Afanasyev M., Bakhtizin A., Nanavyan A. Modeling the development of regional economy and an innovation space efficiency // *Foresight and STI Governance*. 2016. Vol. 10. No. 3. P. 76–90. <https://doi.org/10.17323/1995-459X.2016.3.76.90>
11. Miao K., Vinter R. Optimal control of a growth/consumption model // *Optimal Control Applications and Methods*. 2021. Vol. 42. No. 6. P. 1672–1688. <https://doi.org/10.1002/oca.2754>
12. Laffargue J.-P. Computable general equilibrium (CGE) models and tourism economics // *Tourism, Trade and Welfare*. Nova Science Publishers, Inc., 2011. P. 117–138.
13. Integrating forecasting and CGE models: The case of tourism in Scotland / Blake A. [et al.] // *Tourism Management*. 2006. Vol. 27. No. 2. P. 292–305. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2004.11.005>
14. Ilyash O., Vasylytsiv T., Lupak R., Get'manskiy V. Models of efficiency of functioning in trading enterprises under conditions of economic growth // *Bulletin of Geography*. 2021. Vol. 51. P. 7–24. <https://doi.org/10.2478/bog-2021-0001>
15. Meng X., Siriwardana M., Pham T. A CGE assessment of Singapore's tourism policies // *Tourism Management*. 2013. Vol. 34. P. 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2012.03.006>
16. Van Heerden J., Roos E.L. The possible effects of the extended lockdown period on the South African economy: A CGE analysis // *South African Journal of Economics*. 2021. Vol. 89. No. 1. P. 95–111. <https://doi.org/10.1111/saje.12273>
17. Макаров В.Л. Вычислимая модель российской экономики (RUSEC) / Препринт # WP/99/069. М.: ЦЭМИ РАН, 1999.
18. Бахтизин А.Р. Агент-ориентированные модели экономики. М.: Экономика, 2008.
19. Акопов А.С., Бекларян Г.Л. Анализ эффективности регулирующей политики государства с помощью региональной CGE модели поведения естественных монополий (на примере электроэнергетики) // *Экономическая наука современной России*. 2005. № 4. С. 130–139.
20. Akopov A.S., Beklaryan G.L. Modelling the dynamics of the “Smarter Region” // *Proceedings of 2014 IEEE Conference on Computational Intelligence for Financial Engineering & Economics*. IEEE. 2014. P. 203–209. <https://doi.org/10.1109/CIFEr.2014.6924074>
21. Akopov A.S. Designing of integrated system-dynamics models for an oil company // *International Journal of Computer Applications in Technology*. 2012. Vol. 45. No. 4. P. 220–230. <https://doi.org/10.1504/IJCAT.2012.051122>
22. Горбунов А.Р., Лычкина Н.Н. Парадигмы имитационного моделирования: новое в решении задач стратегического управления (объединенная логика имитационного моделирования) // *Бизнес-информатика*. 2007. № 2. С. 60–66.
23. Franco E.F., Hiram K., Carvalho M.M. Applying system dynamics approach in software and information system projects: A mapping study // *Information and Software Technology*. 2018. Vol. 93. P. 58–73. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2017.08.013>
24. Stadnicka D., Litwin P. Value stream mapping and system dynamics integration for manufacturing line modelling and analysis // *International Journal of Production Economics*. 2019. Vol. 208. P. 400–411. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.12.011>
25. Castellacci F. Co-evolutionary growth: A system dynamics model // *Economic Modelling*. 2018. Vol. 70. P. 272–287.
26. Mai T., Smith C. Scenario-based planning for tourism development using system dynamic modelling: A case study of Cat Ba Island, Vietnam // *Tourism Management*. 2018. Vol. 68. P. 336–354.
27. Сидоренко В.Н. Системная динамика. М.: ТЕИС, 1998.
28. Zhang Q., Tong Q. The economic impacts of traffic consumption during the COVID-19 pandemic in China: A CGE analysis // *Transport Policy*. 2021. Vol. 114. P. 330–337. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.10.018>
29. Timilsina G., Shrestha R. A general equilibrium analysis of potential demand side management programs in the household sector in Thailand // *International Journal of Energy Sector Management*. 2008. Vol. 2. No. 4. P. 570–593.
30. Romero C.A., Tarelli J.P., Mercatante, J.I. The economic impact of tourism in a small region: A general equilibrium analysis applied to Ushuaia // *International Journal of Tourism Policy*. 2021. Vol. 11. No. 4. P. 335–354.

31. Van Truong N., Shimizu T. The effect of transportation on tourism promotion: Literature review on application of the Computable General Equilibrium (CGE) Model // *Transportation Research Procedia*. 2017. Vol. 25. P. 3096–3115. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.336>
32. Deepak M., Taylor West C., Spreen T. Local government portfolios and regional growth: some combined dynamic CGE/optimal control results // *Journal of Regional Science*. 2001. Vol. 41. P. 219–254. <https://doi.org/10.1111/0022-4146.00215>
33. Dwyer L., Forsyth P., Madden J., Spurr R. Economic impacts of inbound tourism under different assumptions regarding the macroeconomy // *Current Issues in Tourism*. 2000. Vol. 3. No. 4. P. 325–363. <https://doi.org/10.1080/13683500008667877>
34. Gül H. Effects of foreign demand increase in the tourism industry: a CGE approach to Turkey // *Anatolia*. 2015. Vol. 26. No. 4. P. 598–611. <https://doi.org/10.1080/13032917.2015.1044016>
35. Inchausti-Sintes F., Pérez-Granja U., Morales-Mohamed J.J. Analysing labour productivity and its economic consequences in the two Spanish tourist archipelagos // *Tourism Economics*. 2021. Vol. 27. No. 5. P. 1039–1059. <https://doi.org/10.1177/1354816620917865>
36. Attar M.A. Growth, distribution and dynamic inefficiency in Turkey: An analysis of the naïve neoclassical theory of capital // *Structural Change and Economic Dynamics*. 2021. Vol. 59. P. 20–30. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2021.07.008>

Об авторах

Гинцяк Алексей Михайлович

заведующий лабораторией «Цифровое моделирование индустриальных систем», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Российская Федерация

E-mail: aleksei.gintciak@spbpu.com

ORCID: 0000-0002-9703-5079

Болсуновская Марина Владимировна

кандидат технических наук

заведующий лабораторией «Промышленные системы потоковой обработки данных», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Российская Федерация

E-mail: marina.bolsunovskaia@spbpu.com

ORCID: 0000-0001-6650-6491

Бурлуцкая Жанна Владиславовна

младший научный сотрудник лаборатории «Цифровое моделирование индустриальных систем», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Российская Федерация

E-mail: zhanna.burlutskaya@spbpu.com

ORCID: 0000-0002-5680-1937

Петряева Александра Андреевна

младший научный сотрудник лаборатории «Цифровое моделирование индустриальных систем», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Российская Федерация

E-mail: alexandra.petryaeva@spbpu.com

ORCID: 0000-0002-2028-7251

High-level simulation model of tourism industry dynamics

Aleksei M. Gintciak

E-mail: aleksei.gintciak@spbpu.com

Marina V. Bolsunovskaya

E-mail: marina.bolsunovskaia@spbpu.com

Zhanna V. Burlutskaya

E-mail: zhanna.burlutskaya@spbpu.com

Alexandra A. Petryaeva

E-mail: alexandra.petryaeva@spbpu.com

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St.Petersburg, Russian Federation

Address: 29 Politechnicheskaya str., St.Petersburg 195251, Russia

Abstract

This article is devoted to the development of a high-level simulation model of tourism industry dynamics. The purpose of this study is to form recommendations for the recovery of the tourism industry from the effects of the pandemic. The resulting model considers domestic tourism from the point of view of the interdependence of the economic condition of the state, the contribution of the tourism industry to gross domestic product, the size of the tourist flow and the average income per tourist. In addition to describing the functional dependencies of the model elements, several experiments are proposed to test the logic of the elements' relationships. System dynamics tools are used to develop the model. The study also examines the class of computable general equilibrium models as a tool for analyzing supply and demand in the market of tourist products.

Keywords: system dynamics, simulation modeling, tourism, model of domestic tourism, tourism industry, economy

Citation: Gintciak A.M., Bolsunovskaya M.V., Burlutskaya Zh.V., Petryaeva A.A. (2022) High-level simulation model of tourism industry dynamics. *Business Informatics*, vol. 16, no. 3, pp. 53–67. DOI: 10.17323/2587-814X.2022.3.53.67

References

1. Smith R.D., Keogh-Brown M.R. (2013) Macroeconomic impact of pandemic influenza and associated policies in Thailand, South Africa and Uganda. *Influenza and other Respiratory Viruses*, vol. 7, pp. 64–71. <https://doi.org/10.1111/irv.12083>
2. Beckman J., Countryman A.M. (2021) The importance of agriculture in the economy: Impacts from COVID-19. *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 103, no. 5, pp. 1595–1611. <https://doi.org/10.1111/ajae.12212>
3. Deriu S., Cassar I.P., Pretaroli R., Soggi C. (2021) The economic impact of Covid-19 pandemic in Sardinia. *Research in Transportation Economics*, vol. 93, 101090. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2021.101090>
4. Pham T.D., Dwyer L., Su J.-J., Ngo T. (2021) COVID-19 impacts of inbound tourism on Australian economy. *Annals of Tourism Research*, vol. 88, 103179. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2021.103179>
5. Dogru T., Bulut U. (2018) Is tourism an engine for economic recovery? Theory and empirical evidence. *Tourism Management*, vol. 67, pp. 425–334. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2017.06.014>
6. Esfandiar K. [et al.] (2019) Understanding entrepreneurial intentions: A developed integrated structural model approach. *Journal of Business Research*, vol. 94, pp. 172–182. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2017.10.045>
7. Berawi M.A. (2016) Accelerating sustainable infrastructure development: Assuring well-being and ensuring environmental sustainability. *International Journal of Technology*, vol. 7, no. 4, pp. 527–529. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v7i4.3829>
8. Widaningrum D.L., Surjandari I., Sudiana D. (2020) Analyzing land use changes in tourism development areas: A case study of cultural world heritage sites on Java Island, Indonesia. *International Journal of Technology*, vol. 11, no. 4, pp. 688–697. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v11i4.4097>
9. Blake A. (2009) The dynamics of tourism's economic impact. *Tourism Economics*, vol. 15, pp. 615–628. <https://doi.org/10.5367/000000009789036576>
10. Makaro V. [et al.] (2016) Modeling the development of regional economy and an innovation space efficiency. *Foresight and STI Governance*, vol. 10, no. 3, pp. 76–90. <https://doi.org/10.17323/1995-459X.2016.3.76.90>

11. Miao K., Vinter R. (2021) Optimal control of a growth/consumption model. *Optimal Control Applications and Methods*, vol. 42, no. 6, pp. 1672–1688. <https://doi.org/10.1002/oca.2754>
12. Laffargue J.-P. (2011) Computable general equilibrium (CGE) models and tourism economics. In *Tourism, Trade and Welfare*, Nova Science Publishers, Inc., pp. 117–138.
13. Blake A. [et al.] (2006) Integrating forecasting and CGE models: The case of tourism in Scotland. *Tourism Management*, vol. 27, no. 2, pp. 292–305. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2004.11.005>
14. Ilyash O. (2021) Models of efficiency of functioning in trading enterprises under conditions of economic growth. *Bulletin of Geography*, vol. 51, pp. 7–24.
15. Meng X., Siriwardana M., Pham T. (2013) A CGE assessment of Singapore's tourism policies. *Tourism Management*, vol. 34, pp. 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2012.03.006>
16. Van Heerden J., Roos E.L. (2021) The possible effects of the extended lockdown period on the South African economy: A CGE analysis. *South African Journal of Economics*, vol. 89, no. 1, pp. 95–111. <https://doi.org/10.1111/saje.12273>
17. Makarov V.L. (1999) *Computable model of the Russian economy (RUSEC)*. Preprint WP/99/069. Moscow: CEMI of the Russian Academy of Sciences (in Russian).
18. Bakhtizin A.R. (2008) *Agent-based models of the economy*. Moscow: Ekonomika (in Russian).
19. Akopov A.S., Beklaryan G.L. (2005) Analysis of efficiency of adjusting policy of the state by means of regional model CGE of behaviour of natural monopolies (on the example of electric power industry). *Economics of Contemporary Russia*, vol. 4, pp. 130–139 (in Russian).
20. Akopov A.S., Beklaryan G.L. (2014) Modelling the dynamics of the “Smarter Region”. In *Proceedings of 2014 IEEE Conference on Computational Intelligence for Financial Engineering & Economics*. IEEE, pp. 203–209. <https://doi.org/10.1109/CIFER.2014.6924074>
21. Akopov A.S. (2012) Designing of integrated system-dynamics models for an oil company. *International Journal of Computer Applications in Technology*, vol. 45, no. 4, pp. 220–230. <https://doi.org/10.1504/IJCAT.2012.051122>
22. Lychkina N.N., Gorbunov A.R. (2007) Simulation modeling paradigms: new in solving problems of strategic management (combined simulation-modeling logic). *Business informatics*, vol. 2, pp. 60–66 (in Russian).
23. Franco E.F., Hiram K., Carvalho M.M. (2018) Applying system dynamics approach in software and information system projects: A mapping study. *Information and Software Technology*, vol. 93, pp. 58–73.
24. Stadnicka D., Litwin P. (2019) Value stream mapping and system dynamics integration for manufacturing line modelling and analysis. *International Journal of Production Economics*, vol. 208, pp. 400–411.
25. Castellacci F. (2018) Co-evolutionary growth: A system dynamics model. *Economic Modelling*, vol. 70, pp. 272–287.
26. Mai T., Smith C. (2018) Scenario-based planning for tourism development using system dynamic modelling: A case study of Cat Ba Island, Vietnam. *Tourism Management*, vol. 68, pp. 336–354.
27. Sidorenko V.N. (1998) *System Dynamics*. Moscow: TEIS (in Russian).
28. Zhang Q., Tong Q. (2021) The economic impacts of traffic consumption during the COVID-19 pandemic in China: A CGE analysis. *Transport Policy*, vol. 114, pp. 330–337. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.10.018>
29. Timilsina G., Shrestha R. (2008) A general equilibrium analysis of potential demand side management programs in the household sector in Thailand. *International Journal of Energy Sector Management*, vol. 2, no. 4, pp. 570–593.
30. Romero C.A., Tarelli J.P., Mercatante, J.I. (2021) The economic impact of tourism in a small region: A general equilibrium analysis applied to Ushuaia. *International Journal of Tourism Policy*, vol. 11, no. 4, pp. 335–354.
31. Van Truong N., Shimizu T. (2017) The effect of transportation on tourism promotion: Literature review on application of the Computable General Equilibrium (CGE) Model. *Transportation Research Procedia*, vol. 25, pp. 3096–3115.
32. Deepak M., Taylor West C., Spreen T. (2001) Local government portfolios and regional growth: some combined dynamic CGE/optimal control results. *Journal of Regional Science*, vol. 41, pp. 219–254.
33. Dwyer L., Forsyth P., Madden J., Spurr R. (2000) Economic impacts of inbound tourism under different assumptions regarding the macroeconomy. *Current Issues in Tourism*, vol. 3, no. 4, pp. 325–363. <https://doi.org/10.1080/13683500008667877>
34. Gül H. (2015) Effects of foreign demand increase in the tourism industry: a CGE approach to Turkey. *Anatolia*, vol. 26, no. 4, pp. 598–611. <https://doi.org/10.1080/13032917.2015.1044016>
35. Inchausti-Sintes F., Pérez-Granja U., Morales-Mohamed J.J. (2021) Analysing labour productivity and its economic consequences in the two Spanish tourist archipelagos. *Tourism Economics*, vol. 27, no. 5, pp. 1039–1059. <https://doi.org/10.1177/1354816620917865>
36. Attar M.A. (2021) Growth, distribution and dynamic inefficiency in Turkey: An analysis of the naïve neoclassical theory of capital. *Structural Change and Economic Dynamics*, vol. 59, pp. 20–30.

About the authors

Aleksei M. Gintciak

Head of Laboratory of Digital modeling of Industrial systems, Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya str., St.Petersburg 195251, Russia.

E-mail: aleksei.gintciak@spbpu.com

ORCID: 0000-0002-9703-5079

Marina V. Bolsunovskaya

Cand. Sci. (Tech.);

Head of Laboratory of Industrial Systems for Streaming Data Processing, Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya str., St.Petersburg 195251, Russia.

E-mail: marina.bolsunovskaia@spbpu.com

ORCID: 0000-0001-6650-6491

Zhanna V. Burlutskaya

Junior Researcher of Laboratory of Digital Modeling of Industrial Systems, Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya str., St.Petersburg 195251, Russia.

E-mail: zhanna.burlutskaya@spbpu.com

ORCID: 0000-0002-5680-1937

Alexandra A. Petryaeva

Junior Researcher of Laboratory of Digital Modeling of Industrial Systems, Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya str., St.Petersburg 195251, Russia.

E-mail: alexandra.petryaeva@spbpu.com

ORCID: 0000-0002-2028-7251