

## **BOUNDARY CONDITION TRANSFER METHOD (THOMAS ALGORITHM) NUMERICAL SOLUTION OF A MIXED BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR SECOND-ORDER LINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS**

### **Abstract**

*A new algorithm is proposed, which is an alternative to the run-through method for the numerical solution of second-order linear differential equations with fixed boundary conditions. The algorithm has a wider scope of applicability than the well-known run-through method and works for both positive and negative coefficients of the equation. The main purpose of this work is to obtain recurrent formulas similar to the run-through formulas for the numerical solution of the boundary value problem of second-order differential equations. The most important question is whether there are run-through formulas when the coefficient in the solution in the equation has a negative sign or is alternating. The paper shows the consistency and computational stability of the difference schemes represented by the proposed recurrent formulas. The results obtained in this article are confirmed by the calculated data.*

**Keywords:** sweep method, mixed boundary value problems, tridiagonal matrix, computational error, border conditions, finite difference method, nodal points, non-monotonic sweep method.

УДК 656.25

**УМБЕТОВ Ү. – д.т.н., профессор (г. Туркестан, Международный казахско-турецкий университет им. Ходжи Ахмеда Ясави)**

**ШИНЫКУЛОВА А.Б. – докторант PhD (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)**

## **КОНСТРУКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА С УЧЕТОМ ПАНДЕМИИ COVID-19**

### **Аннотация**

*Проблема устойчивого туризма теоретически рассматривается в этой статье с использованием минимальной модели с тремя переменными состояния: туристы, окружающая среда и капитал. Несмотря на упрощение, это статья представляет ценность по трем причинам. Во-первых, он вводит подход минимальных описательных моделей в контексте туризма, в котором традиционно доминировало использование подробных имитационных моделей. Во-вторых, довольно интересны конкретные результаты. Фактически мы показали, что устойчивый туризм может быть достигнут при условии, что агенты осмотрительно реинвестируют свою прибыль и склонны защищать окружающую среду. Мы также видели, что устойчивость очень часто находится под угрозой, потому что случайные потрясения могут легко вызвать переключение с прибыльного и совместимого поведения на убыточное или несовместимое. Более того, адаптация устойчивой политики также возможна, но очень труднодостижима на практике, и может в лучшем случае отсрочить наступление катастрофы, но не избежать ее, если конкуренция между туристическими объектами будет продолжать расти. Наконец, третья причина не относится строго к проблеме туризма, а скорее к общей теме устойчивости. Здесь мы основываем концепции*

*прибыльности, совместимости и устойчивости, которые становятся все более и более распространенными в области управления ресурсами, на структурных свойствах атTRACTоров динамической системы.*

**Ключевые слова:** устойчивый туризм, теоретическая модель развития туризма, модель динамического равновесия, динамическая модель.

### **Введение.**

В настоящее время туризм является одной из наиболее интенсивно развивающихся и доходных отраслей мировой экономики, выступает в числе важнейших факторов социально-культурного развития, повышения уровня и качества жизни населения. Широта выполняемых функций туризма позволяет использовать его в качестве действенного инструмента стимулирования социально-экономического роста на региональном и национальном уровнях. Функции туризма проявляются, прежде всего, на территориях конкретных регионов, а возможности его развития определяются природно-ресурсными условиями регионов. Поэтому использование туризма как инструмента социально-экономического развития особенно актуально на региональном уровне. Обеспечение возрастающего воздействия туризма на социально-экономические условия функционирования региона требует решения ряда конкретных задач, среди которых первоочередными являются: оценка ресурсной обеспеченности и туристских возможностей региона, определение направлений развития ресурсной базы для достижения желаемого социально-экономического результата [1].

**Методика исследований.** Как известно, до появления COVID-19 путешествия и туризм считался одним из важнейших секторов мировой экономики, на которые приходилось 10 процентов мирового ВВП и более 320 миллионов рабочих мест во всем мире. Если в 1950 году, на заре эры реактивных двигателей, всего 25 миллионов человек совершили поездки за границу, то к 2019 году это число достигло 1,5 миллиарда, а сектор путешествий и туризма вырос до очень больших размеров. Наряду с развитием туризма, природные катаклизмы проявляет свои корректировки на социально-экономические развития мировой экономики в виде глобальных эпидемий. Глобальная пандемия поставила под угрозу 100 миллионов рабочих мест, многие из которых на микро-, малых и средних предприятиях, на которых занята 54 процента женщин. Поэтому страны, зависящие от туризма, вероятно, будут ощущать негативные последствия кризиса гораздо дольше, чем другие страны. Контактно-интенсивные услуги, имеющие ключевое значение для туристического и туристического секторов, непропорционально сильно пострадали от пандемии и будут продолжать бороться, пока люди снова не почувствуют себя в безопасности для массовых путешествий.

Поэтому для дальнейшего развития нашей социально-экономической ситуации в контексте пандемии нам необходимо проанализировать проблему привлечения туристов не только на экономической и социальной основе, но и на научной основе. Исходя из этих соображений следует, что для повышения привлекательности гостепримечательных местностей, целесообразно перерассмотреть известных математических моделей по привлечению туристов, с учетом адаптацией к условиям пандемии.

### **Основные результаты исследований.**

Как нам известно, в настоящее время к числу моделей, посвященных рассмотрению вопросов устойчивого развития туристских территорий, можно отнести следующие:

- модель устойчивого туризма польского ученого Лешека Бутовски [2];
- теоретическую модель развития туризма Р. Касагранди и С. Ринальди [3];
- динамическую модель устойчивого развития туризма Р. Джонстона и Т. Тиррела [4];

- модель динамического равновесия региональной туристской экономики М.М. Бегеуловой [1].

Рассмотрим более подробно модель Р. Касагранди и С. Ринальди. Объединив основные экологические и социальные факторы, авторы модели описывают взаимодействие между тремя переменными:

- количеством туристов, которые находятся в границах туристской территории в рассматриваемый момент времени;
- качеством природных ресурсов окружающей среды;
- суммой средств, направленных на создание инфраструктуры туристских средств размещения и развлечений.

Согласно данной модели, изменение показателя количества туристов прямо пропорционально показателю относительной привлекательности туристской территории, которая в свою очередь представляет из себя разность между абсолютным значением привлекательности рассматриваемой туристской территории и ожидаемым значением привлекательности территории региона в целом. При этом показатель ожидаемого значения привлекательности территории региона в целом может быть использован как мера сравнения всех альтернативных туристских территорий в его составе.

Авторы также выделяют показатель абсолютного значения привлекательности, который представляет собой алгебраическую сумму трех величин привлекательности:

1. качества окружающей среды;
2. инфраструктуры;
3. связанной с наполненностью конкретной территории туристами.

Кроме того, ими проведен ее детальный анализ и получены теоретические результаты, основанные на общепринятых взглядах и наблюдениях. Тем не менее, три основные переменные, по мнению самих авторов, не могут охватить все социальные, культурные и политические аспекты, вовлеченные в туристскую динамику.

В настоящей работе нами анализирована абстрактная модель Р. Касагранди и С. Ринальди с учетом региональных особенностей г.Туркестан Республики Казахстан. Сначала приведем математическую модель Р. Касагранди и С. Ринальди.

Множество математических моделей привлечения и развития туристов как основа развития индустрии туризма представляют собой абстрактные модели функций многих переменных, включающих в себе функций трех переменных (компонентов) реального измерения: количество туристов  $T(t)$ , присутствующих в регионе в момент времени  $t$ , качество окружающей среды  $E(t)$ , а также вложенный капитал  $C(t)$ , направленный на организацию и развитие туристической деятельности региона. При этом вложенный капитал  $C(t)$ , относится к материальным активам, и его не следует путать с потоком услуг, представляемых туристам. Хотя выбор этих трех переменных довольно очевиден, их описание с использованием одной переменной определенно создает некоторые трудности. Если переписать это предложение на языке туризма – описание одной переменной туристов с разными доходом, стилем жизни, социально-культурным происхождением или инфраструктурой, варьирующейся от отелей до парков, от спортивных сооружений до транспортных систем. То же самое имеет место и для качества окружающей среды  $E(t)$ : качество воздуха, качество воды, биоразнообразие, сохранение дикой природы, ландшафта и т.д. Но этот процесс объединения факторов необходим, чтобы поддерживать достаточное низкое количество переменных и параметров, чтобы получить работоспособную модель.

Представим, что туристы получают информацию о привлекательности региона посещения через электронные сайты. Эти посещения влияют на решения потенциальных новых посетителей [5]. Измеряя  $A$  в подходящих единицах, запишем скорость изменения количества туристов в данном регионе:

$$\dot{T}(t) = \frac{d}{dt} T(t) = T(t) \cdot A(T(t)E(t)C(t)).$$

Конечно,  $A$  должна быть с относительной привлекательностью, а именно, разницей между абсолютной привлекательности  $\bar{a}$  конкретного сайта (для которого доступна информация о  $T(t), E(t)$  и  $C(t)$ ) и эталонным значением  $a$ , которого можно рассматривать как ожидаемая привлекательность универсального сайта (т.е. среднее значение привлекательности всех потенциальных туристических объектов). Таким образом

$$A(T(t)E(t)C(t)) = \bar{a}(T(t)E(t)C(t)) - a,$$

как ожидаемая привлекательность универсального сайта (т.е. среднее значение привлекательности всех потенциальных туристических объектов). Таким образом

$$A(T, E, C) = \bar{a}(T, E, C) - a,$$

где  $a$  зависит от ряда факторов, в том числе от стоимости альтернативных сайтов. В абстрактном смысле  $a$  – это мера конкуренции со стороны альтернативных туристических объектов на исследуемом участке. Привлекательность  $\bar{a}$ , воспринимаемая туристами, зависит от культуры туристов и, в частности, от их чувствительности к качеству окружающей среды и их способности обнаруживать ее. Это алгебраическая сумма трех членов, потому что туристы могут быть чувствительны к качеству окружающей среды, наличию удобств и загруженности дорог. Привлекательность окружающей среды может быть моделирована как возрастающая и насыщающая функция  $E(t)$ . В дальнейшем она будет описана как функция Монода.

$$\mu_E = \frac{E}{E + \varphi_E},$$

где  $\mu_E$  – привлекательность, связанная с высоким качеством окружающей среды, а  $E \rightarrow \infty$ ,  $\varphi_E$  – константа половинной насыщенности, а именно качество окружающей среды, при котором удовлетворенность туристов составляет половину максимума. Таким образом, туристы, для которых характерны низкие значения  $E$ , удовлетворены низким качеством окружающей среды, потому что они неспособны воспринимать качество окружающей среды. Например, турист, который не может понять, загрязнена река или нет, будет ассоциировать постоянную привлекательность  $\mu_E$  с рекой независимо от качества воды, потому что

$$\lim_{\varphi_E \rightarrow 0} \mu_E \frac{E}{E + \varphi_E} = \mu_E.$$

Второй компонент привлекательности, а именно тот, который связан с инфраструктурой, также может быть смоделирован с помощью функции Моно расчетных доступных объектов на душу населения

$$\frac{C}{T+1}, \quad (1)$$

т.е.

$$\mu_c \frac{\frac{C}{T+1}}{\frac{C}{T+1} + \varphi_c} = \mu_e \frac{C}{C + \varphi_e T + \varphi_e}.$$

Следует обратить внимание на тот факт, что привлекательность, связанная с природной средой, является функцией  $E(t)$ , а не  $\frac{E}{T+1}$ , что предписывается теорией общественных благ и непотребительского использования [6]. Напротив, объекты используются туристами, и, следовательно, привлекательность, связанная с ними, является функцией уравнения (1) и выше.

Наконец, если мы предположим, что скопление пропорционально  $T$  и что привлекательность линейно уменьшается с заторм, мы получим следующую формулу для  $\bar{a}$

$$\bar{a} = \mu_e \frac{E}{E + \varphi_e} = \mu_c \frac{C}{C + \varphi_c T + \varphi_c} - \alpha T,$$

где пять параметров  $(\mu_e, E, \mu_c, C, \alpha)$  определяют культуру туристского населения. Стоит отметить, что абсолютная привлекательность  $\bar{a}$  места, не используемого туризмом ( $C = T = 0$ ), положительна и может быть выше эталонной привлекательности  $a$ . Это означает, что относительная привлекательность  $A$  может быть положительной, даже если  $C = T = 0$ . Это объясняет начальную фазу хорошо известного явления, которое Батлер назвал «циклом эволюции туристической зоны» [7].

Качество окружающей среды  $E(t)$  в отсутствие туристов и капитала описывается классическим логистическим уравнением

$$\dot{E}(t) = rE(t) \left( 1 - \frac{E(t)}{K} \right),$$

где чистый темп роста  $r$  и пропускная способность  $K$  зависят от всех видов деятельности, кроме связанных с индустрией туризма. Другими словами,  $K$  – это не качество окружающей среды в нереалистичном (т.е. нетронутом) состоянии, а, скорее, качество окружающей среды при наличии, в равновесии, всех видов гражданской и промышленной деятельности (кроме туризма), который характеризуют сайт изучения. Если туристы и объекты негативно влияют на окружающую среду, полная динамика  $E(t)$ :

$$\dot{E}(t) = rE(t) \left( 1 - \frac{E(t)}{K} \right) - D(T(t), C(t), E(t)),$$

где  $D(T(t), C(t), E(t))$  представляет собой поток убытков, нанесенных туризмом. В целом этот поток положительно коррелирует с туристами и капиталом. Более того, ущерб больше, когда окружающая среда ранее не использовалась. Простейшая функциональная форма, соответствующая этим свойствам, описываются следующим соотношением:

$$D = E(\beta C + \gamma T), \quad (2)$$

где два параметра  $\beta$  и  $\gamma$  положительны. Например, отопление гостиницы, которое влияет на загрязнение воздуха, имеет первый компонент, который в основном не зависит от количества туристов (обогрев холла, кафетерий, туалетов и т.д.), а второй компонент пропорционален количеству туристов, количеству посетителей (обогрев занимаемых гостевых комнат). Это полностью согласуется с формулой (2). То же самое относится и ко многим другим туристическим объектам, таким как подъемники и дискотеки (шумовое загрязнение). Транспортные перевозки (загрязнение воздуха), сооружения для искусственного водоема (загрязнение воды) и т.д. В редких случаях  $\beta$  и  $\gamma$  могут быть отрицательными; например, когда большие усилия по рекультивации связаны с развитием туризма. Как следствие уравнение (2), если  $T$  и  $C$  оставались постоянными, окружающая среда все равно описывалось бы логистическим уравнением:

$$\dot{E}(t) = r^* E(t) \left( 1 - \frac{E(t)}{K^*} \right),$$

с

$$r^* = r \left( 1 - \frac{\beta C + \gamma T}{r} \right),$$

и

$$K^* = K \left( 1 - \frac{\beta C + \gamma T}{r} \right).$$

Другими словами, если  $\beta$  и  $\gamma$  положительны, туристическая деятельность ( $T$  и  $C$ ) снижает пропускную способность и чистый темп роста окружающей среды в той же пропорции.

Наконец, скорость изменения капитала – это разница между инвестиционным потоком  $I$  и амортизационным потоком, который пропорционален  $C$ , т. е.

$$\dot{C}(t) = I(T(t), C(t), E(t)) - \delta C(t).$$

Параметр  $\delta$  должен быть очень маленьким, потому что деградация туристических структур происходит очень медленно. Тот факт, что постоянные времени социально-экономического компонента больше, чем постоянные времени экологического компонента, подчеркивался в [8]. В нашем моделировании  $\delta$  на порядок меньше, чем  $r$ , чистая скорость роста окружающей среды. Функция  $I$  может быть определена по-разному для интерпретации различных инвестиционных политик. В самом деле, на функцию можно было наложить специальные ограничения, чтобы избежать вырожденной

динамики, как это было сделано в [9], за исследование по контролю загрязнения. В качестве альтернативы структура функции  $l(T, C, E)$  может быть получена с использованием аргументов оптимизации, как в [10,11]. Здесь мы предположим, что инвестиции составляют фиксированную долю от общих доходов, генерируемых туристической деятельностью, и что такие доходы пропорциональны количеству туристов, т.е.

$$l(T, C, E) = \varepsilon T.$$

Таким образом, параметр  $\varepsilon$ , или инвестиционная ставка, увеличивается вместе с местными ценами.

В заключение наша минимальная модель оказывается

$$\frac{dT(t)}{dt} = T(t) \left[ \mu_E \frac{E(t)}{E(t) + \varphi_E} + \mu_C \frac{C(t)}{C(t) + \varphi_C} - \alpha T(t) - a \right], \quad (3)$$

$$\frac{dE(t)}{dt} = E(t) \left[ rE(t) \left( 1 - \frac{E(t)}{k} \right) - \beta C(t) + \gamma T(t) \right], \quad (4)$$

$$\frac{dC(t)}{dt} = -\delta C(t) + \varepsilon T(t). \quad (5)$$

Модель имеет двенадцать параметров, из которых уровень инвестиций  $\varepsilon$  – это тот, который местным агентам и лицам, принимающим решения, легче всего контролировать. Контроль цен также возможен в некоторых случаях, но влияет на два параметра, а именно  $\varepsilon$  и  $a$ . Рекультивация окружающей среды приводит к более низким значениям параметра  $\beta$  и (или)  $\gamma$ , которые в крайних случаях могут стать отрицательными, в то время как усиление конкуренции со стороны альтернативных туристических объектов можно рассматривать как увеличение  $a$ .

Таким образом, модель Касагранди и Ринальди [3] представляет из себя динамическую систему из трех нелинейных уравнений

$$\begin{cases} \frac{dT}{dt} = T \left( \frac{\mu_E E}{E + \varphi_E} + \mu_C \frac{C / (T + 1)}{C / (T + 1) + \varphi_C} - \alpha T - a \right), \\ \frac{dE}{dt} = rE \left( 1 - \frac{E}{k} \right) - E(\beta C + \gamma T), \\ \frac{dC}{dt} = -\delta C + \varepsilon T, \end{cases}$$

где  $\mu_E, \varphi_E, \mu_C, \varphi_C, \alpha$  – параметры, связанные с туристским потоком,  $r, k, \beta, \gamma$  – параметры, связанные с качеством окружающей среды,  $\delta$  – параметр, связанный с амортизацией туристической инфраструктуры. Высокую значимость имеет параметр  $a$ , представляющий собой опорное значение привлекательности, и параметр  $\varepsilon$ ,

характеризующий инвестиционную политику, оба параметра рассматриваются как бифуркационные.

Мы приводим результаты численного решения этой нелинейной системы уравнений и графики решений для трех различных значений параметра  $\delta$  (дельта). Все остальные параметры равны 1, начальное условие  $T(0)=E(0)=C(0)=1$ , отрезок времени  $[0,1]$ .

Таблица 1 – Численные значения функций  $T(t), E(t), C(t)$  для различных значений  $\delta$  ( $\delta=0, \delta=0.5, \delta=1$ )

delta = 0.0				delta = 0.5				delta = 1			
t	T(t)	E(t)	C(t)	t	T(t)	E(t)	C(t)	t	T(t)	E(t)	C(t)
0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
0,068129207	0,925671	0,876699	1,065541	0,068129	0,925445	0,877712	1,030927	0,068129	0,92522	0,878704	0,997459
0,168129207	0,832455	0,733043	1,153307	0,168129	0,831304	0,738196	1,066155	0,168129	0,830172	0,743104	0,985862
0,268129207	0,754012	0,62089	1,232523	0,268129	0,751546	0,632034	1,091219	0,268129	0,749138	0,642418	0,967028
0,368129207	0,687023	0,531042	1,30449	0,368129	0,68307	0,549156	1,107857	0,368129	0,679236	0,565738	0,942833
0,468129207	0,629111	0,457604	1,370229	0,468129	0,623632	0,483137	1,117465	0,468129	0,618342	0,506203	0,914738
0,568129207	0,578526	0,396618	1,430556	0,568129	0,571556	0,429692	1,121118	0,568129	0,564853	0,459298	0,883891
0,668129207	0,533953	0,345329	1,486134	0,668129	0,525566	0,385854	1,119943	0,668129	0,51753	0,421942	0,851197
0,768129207	0,494381	0,301753	1,537513	0,768129	0,484671	0,349505	1,114538	0,768129	0,475401	0,39197	0,817369
0,868129207	0,459023	0,264422	1,585151	0,868129	0,448088	0,319096	1,105626	0,868129	0,437688	0,367822	0,782969
0,968129207	0,427253	0,232226	1,629437	0,968129	0,415188	0,293469	1,093765	0,968129	0,403765	0,348352	0,748443
1	0,417797	0,222899	1,642902	1	0,405391	0,286157	1,089445	1	0,393664	0,342983	0,737471
5											
5											

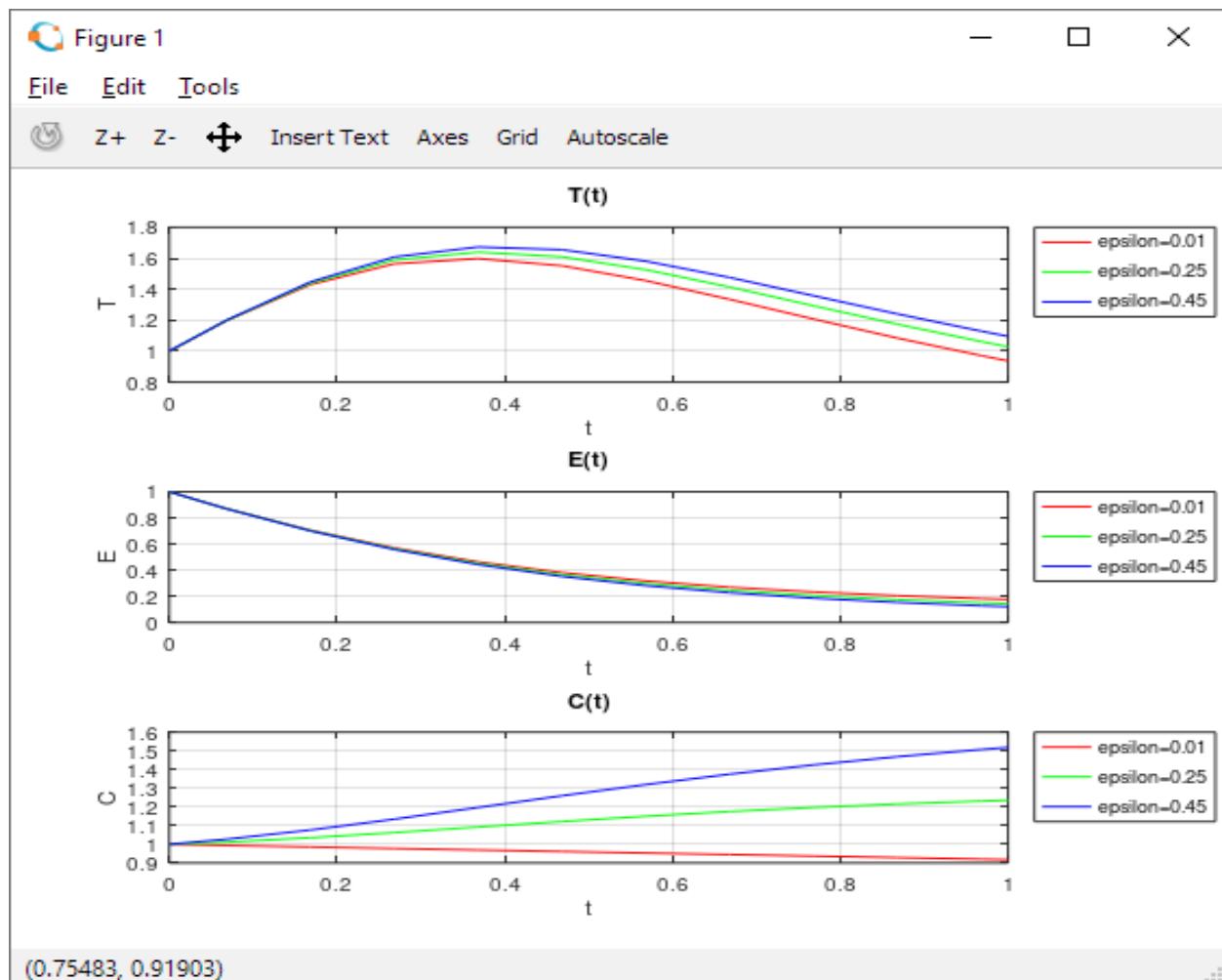


Рисунок 1.  $r=K=\alpha=\beta=\gamma=\varphi_c=1$ ,  $\delta=0.1$ ,  $\varphi_E=0.5$ ,  $a=6$ ,  $\mu_E=\mu_C=10$

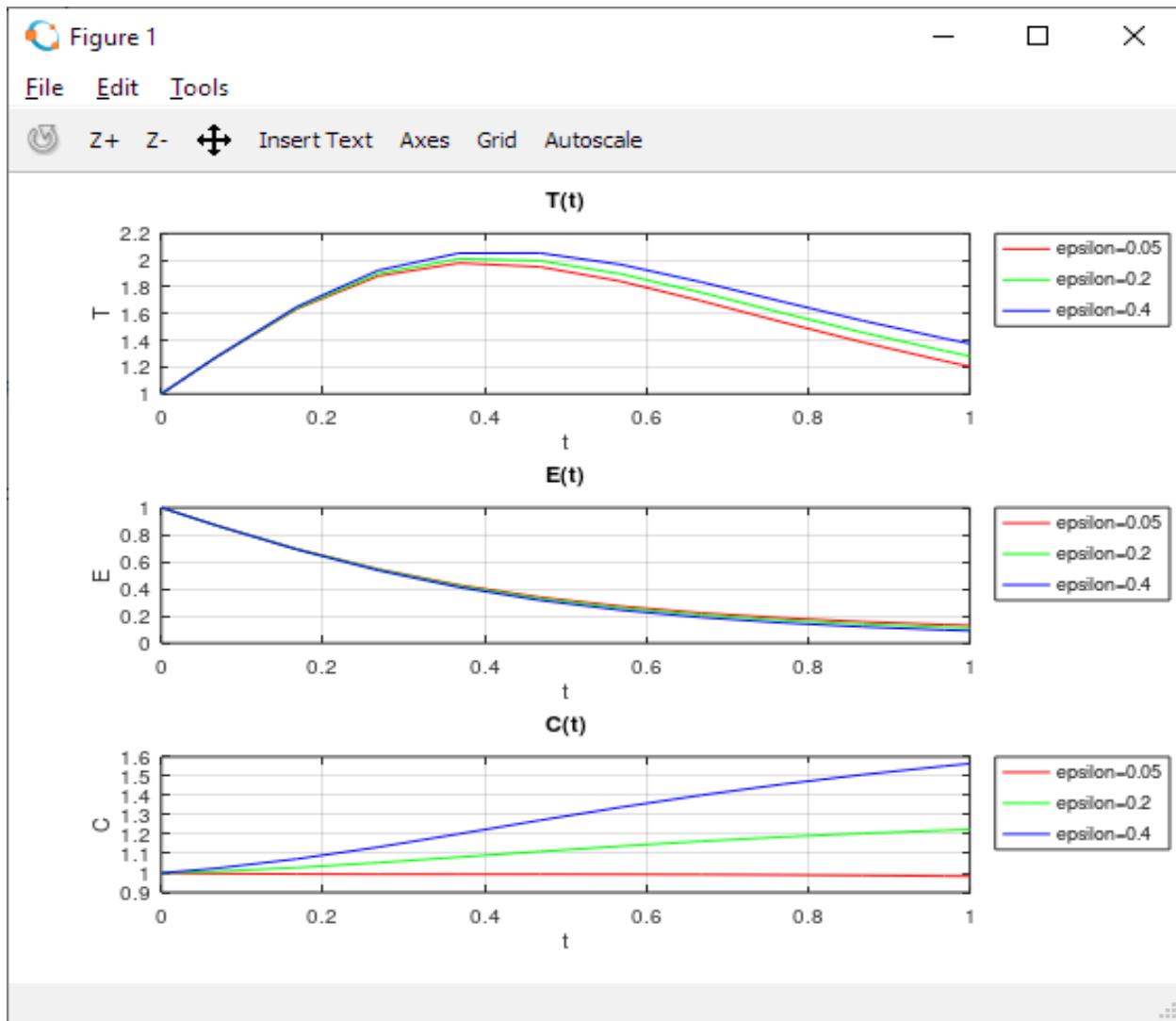


Рисунок 2.  $r=K=\alpha=\beta=\gamma=\varphi_c=1$ ,  $\delta=0.1$ ,  $\varphi_E=0.5$ ,  $a=5$ ,  $\mu_E=\mu_C=10$

Таблица 2 – Численные значения функций  $T(t), E(t), C(t)$  для различных значений  $\delta$  ( $\delta=0, \delta=0.5, \delta=1$ )

$t$	$T(t)$	$E(t)$	$C(t)$
0	1	1	1
0,068129207	1,19640743	0,870776103	0,993957057
0,168129207	1,429251734	0,706152225	0,985380545
0,268129207	1,564321835	0,571081845	0,97707404
0,368129207	1,598081399	0,463961228	0,968933102
0,468129207	1,551936404	0,381150668	0,960864587
0,568129207	1,4554392	0,317992656	0,952802932
0,668129207	1,334512823	0,269953607	0,944711461
0,768129207	1,207211279	0,233229214	0,936575837
0,868129207	1,084172677	0,204879456	0,928395996
0,968129207	0,97068629	0,182729186	0,920179606
0,268129207	1,564321835	0,571081845	0,97707404
1	0,936906556	0,176702826	0,917555053

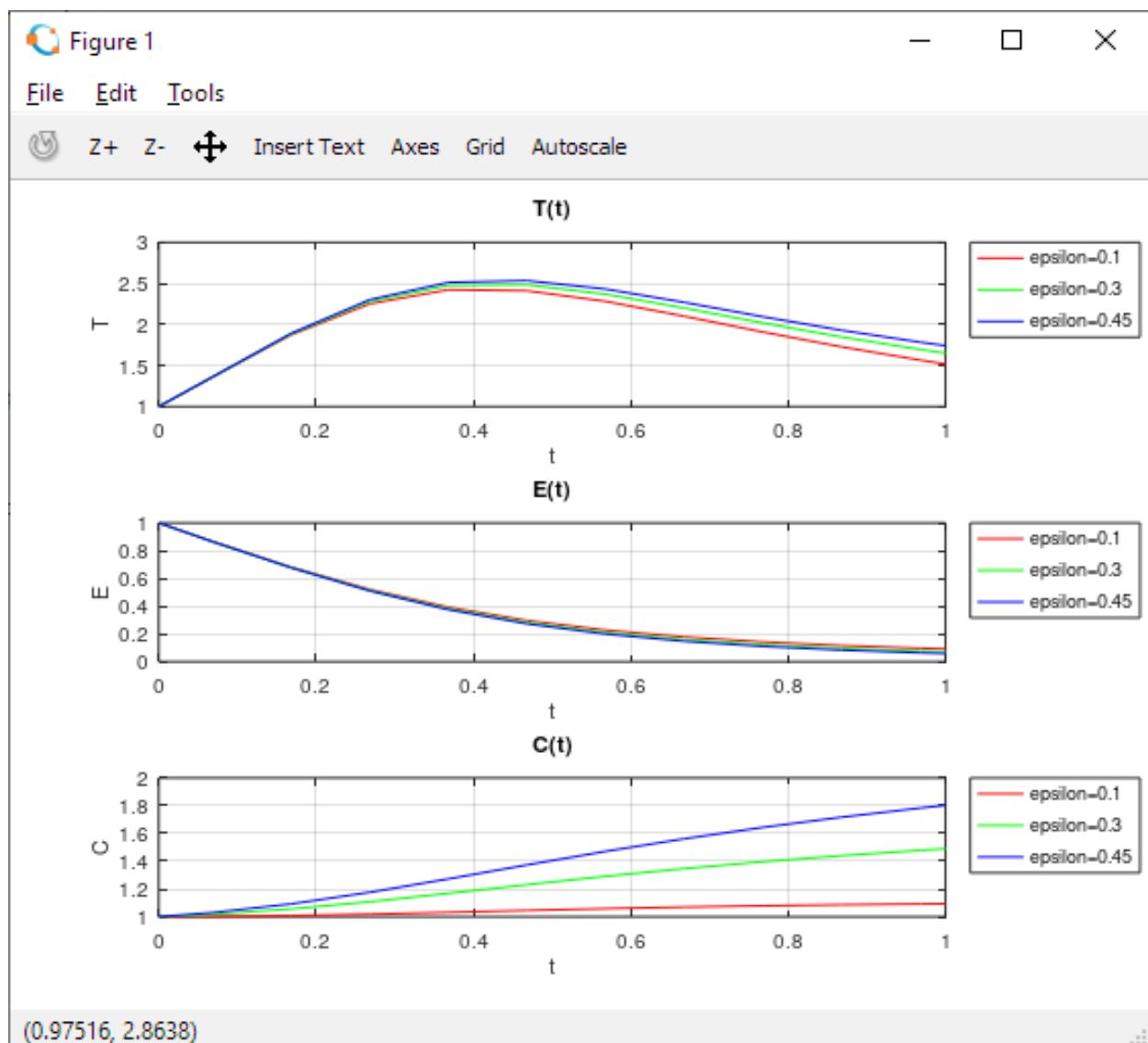


Рисунок 3.  $r=K=\alpha=\beta=\gamma=\varphi_c=1$ ,  $\delta=0.1$ ,  $\varphi_E=0.5$ ,  $a=4$ ,  $\mu_E=\mu_C=10$

### Литература

1. Бегеулова М.М. Моделирование и оптимизация развития регионального туристского рынка: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.13. – Кисловодск, 2010. – 122 с.
2. Бутовски Л. Устойчивый туризм – модельный подход, видение глобальной индустрии туризма – создание и поддержание конкурентоспособных стратегий. – 2012. Электронный источник: <http://www.intechopen.com/books/visions-for-global-tourism-industry-creating-and-sustaining-competitive-strategies/sustainable-tourism-a-model-approach>.
3. Касагранди Р., Ринальди С. Теоретический подход к устойчивости туризма // Природоохранная экология. – 2002. – № 6 (1). Электронный источник: [http://home.deib.polimi.it/rinaldi.ENS/fr\\_5.a.pdf](http://home.deib.polimi.it/rinaldi.ENS/fr_5.a.pdf).
4. Джонстон Р.Дж., Тайлрелл Т.Дж. Динамическая модель устойчивого туризма // Journal of Travel Research. – 2005. – № 44 (2). – С. 124-134.
5. Морли К.Л., 1998. Динамическая модель международного спроса. Annals of Tourism Research 25: 70-84.
6. Herfindahl O.C. and Kneese A.V., 1974. Экономическая теория природных ресурсов. Merrill Publishing Company, Колумбус, Огайо, США.

7. Батлер Р.В., 1980. Концепция цикла эволюции туристической зоны: значение для управления ресурсами. Canadian Geographer 24: 5-12.
8. Карпентер С.Р., Людвиг Д., Брок У.А., 1999. Управление необратимыми изменениями эвтрофикации. Экологические приложения 9: 751-771.
9. Ринальди С., Сандерсон У.С. и Граньянни А., 1996. Политика контроля за загрязнением и динамика природных ресурсов: теоретический анализ. Journal of Environmental Management 48: 357-373.
10. Гатто М., Гецци Л. и Ринальди С., 1991. Оптимальные инвестиции в рекультивацию эвтрофных водоемов. Журнал теории оптимизации и приложений 71: 389-398.
11. Шах А., 1995. Экономика национальных парков третьего мира. Эдвард Элгар Паблишинг, Олдершот, Великобритания.

### References

1. Begeulova M.M. Modeling and optimization of the development of the regional tourist market: dis. ... Cand. econom. Sciences: 08.00.13. – Kislovodsk, 2010. – 122 p.
2. Butowski L. Sustainable Tourism – A Model Approach, Visions for Global Tourism Industry – Creating and Sustaining Competitive Strategies. – 2012. Electronic source: <http://www.intechopen.com/books/visions-for-global-tourism-industry-creating-and-sustaining-competitive-strategies/sustainabl-tourism-a-model-approach>.
3. Casagrandi R., Rinaldi S. A theoretical approach to tourism sustainability // Conservation Ecology. – 2002. – No 6(1). Electronic source: [http://home.deib.polimi.it/rinaldi.ENS/fr\\_5.a.pdf](http://home.deib.polimi.it/rinaldi.ENS/fr_5.a.pdf).
4. Johnston R.J., Tyrell T.J. A dynamic model of sustainable tourism // Journal of Travel Research. – 2005. – No. 44(2). – P. 124-134.
5. Morley C.L., 1998. A dynamic international demand model. Annals of Tourism Research 25:70-84.
6. Herfindahl O.C. and Kneese A.V., 1974. Economic Theory of Natural Resources. Merrill Publishing Company, Columbus, Ohio, USA.
7. Butler R.W., 1980. The concept of a tourist area cycle of evolution: implications for management of resources. Canadian Geographer 24:5-12.
8. Carpenter S. R., Ludwig D. and Brock W.A., 1999. Management of eutrophication irreversible change. Ecological Applications 9: 751-771.
9. Rinaldi S., Sanderson W.C. and Gragnani A., 1996. Pollution control policies and natural resources dynamics: a theoretical analysis. Journal of Environmental Management 48:357-373.
10. Gatto M., Ghezzi L. and Rinaldi S., 1991. Optimal investment in the reclamation of eutrophic water bodies. Journal of Optimization Theory and Applications 71: 389-398.
11. Shah A., 1995. The Economics of Third World National Parks. Edward Elgar Publishing, Aldershot, UK.

**ҮМБЕТОВ Ү. – т.ғ.д., профессор (Түркістан қ., Қожа Ахмет Ясауи ат. Халықаралық қазақ-түрік университеті)**

**ШИНИКУЛОВА А.Б. – PhD докторантты (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)**

**COVID-19 ПАНДЕМИЯСЫНДА ТУРИЗМНІҢ ДАМУЫ МЕН ТЕОРИЯЛЫҚ  
МОДЕЛЬДІҢ КОНСТРУКТИВТІ ТАЛДАУЫН ЕСЕПКЕ АЛУ**  
*Аңдатпа*

Тұрақты туризм осы мақалада үш мемлекеттік айнымалысы бар минималды модельді қолдану арқылы теориялық түрде талқыланады: туристер, қоршаган орта және капитал. Бұл мақала жеңілдетілгенімен, үш себеп бойынша құнды. Біріншіден, ол дәстүрлі түрде егжей-тегжейлі имитациялық модельдерді қолданумен басым болған туризм контекстінде минималды сипаттамалық модель тәсілін енгізеді. Екіншіден, нақты нәтижелер өте қызықты. Шындығында, агенттер өз пайдасын сактықпен қайта инвестициялаган және қоршаган ортаны қоргауга міндеттеме алған жағдайда тұрақты туризмге қол жеткізуге болатынын көрсеттік. Біз сондай-ақ тұрақтылық жисі тәуекелге ұшырайтынын көрдік, себебі кездейсоқ соққылар пайдалы және үйлесімді мінез -құлықтан жоғалатын немесе үйлеспейтін мінез - құлыққа оңай ауысуы мүмкін. Сонымен қатар, тұрақты саясатты бейімдеу де мүмкін, бірақ іс жүзінде қол жеткізу өте қын және ең жақсы жағдайда апарттың басталуын кешіктіруі мүмкін, бірақ егер туристік орындар арасындағы бәсекелестік қүшіне берсе, одан аулақ бола алмайды. Ақырында, үшінші себеп туризммен қатаң байланысты емес, керісінше тұрақтылықтың жалпы тақырыбымен байланысты. Бұл жерде біз ресурстарды басқару саласында жисі кездесетін рентабельділік, үйлесімділік және тұрақтылық ұғымдарын динамикалық жүйедегі тартақтыштардың құрылымдық қасиеттеріне негіздейміз.

**Түйін сөздер:** тұрақты туризм, туризмді дамытудың теориялық моделі, динамикалық тере -теңдік модель, динамикалық модель.

**UMBETOV U. – d.t.s., professor (Turkestan, International Kazakh-Turkish university named after Khoja Ahmed Yasawi)**

**SHYNYKULOVA A.B. – PhD student (Almaty, Kazakh university ways of communications)**

## **CONSTRUCTIVE ANALYSIS OF THE THEORETICAL MODEL DEVELOPMENT OF TOURISM TAKING INTO ACCOUNT THE COVID-19 PANDEMIC**

### **Abstract**

*Sustainable tourism is discussed theoretically in this article using a minimal model with three state variables: tourists, environment, and capital. Although simplified, this article is valuable for three reasons. First, it introduces a minimal descriptive model approach in the tourism context, which has traditionally been dominated by the use of detailed simulation models. Secondly, the concrete results are quite interesting. In fact, we have shown that sustainable tourism can be achieved provided that agents prudently reinvest their profits and are committed to protecting the environment. We have also seen that resilience is very often at risk because random shocks can easily trigger a switch from profitable and compatible behavior to loss-making or incompatible behavior. Moreover, adapting sustainable policies is also possible, but very difficult to achieve in practice, and may at best delay the onset of a disaster, but not avoid it if competition among tourist sites continues to grow. Finally, the third reason is not strictly related to tourism, but rather to the general theme of sustainability. Here we base the concepts of profitability, compatibility and sustainability, which are becoming more and more common in the field of resource management, on the structural properties of attractors in a dynamic system*

**Keywords:** sustainable tourism, theoretical model of tourism development, dynamic equilibrium model, dynamic model.