

Ф. В. ЛОГИНОВ

Московский физико-технический институт (Государственный университет), Москва

**АГЕНТНАЯ МОДЕЛЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КУЛЬТУРНЫХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ**

*В работе описывается имитационная агентная модель межкультурных взаимодействий в стране, население которой принадлежит к разным культурам. В модели пространство культур представляется как гильбертово пространство, в котором различным культурам соответствуют определенные подпространства, что позволяет описывать состояние агентов вектором в гильбертовом пространстве. Считается, что каждый агент описывается принадлежностью к определенной «культуре». Численности агентов, принадлежащие определенным культурам, определяются демографическими процессами, которые соответствуют данным культурам, глубиной и целостностью образовательного процесса, а также интенсивностями межкультурных контактов. Взаимодействие между агентами происходит внутри кластеров, на которые по определенным критериям разбивается все множество агентов, что позволяет формировать межкультурные кластеры, в которых присутствуют агенты разных культур. Такие межкультурные кластеры порождают неопределенности в культурной динамике. В работе приводятся результаты имитационных экспериментов, которые иллюстрируют влияние демографических и образовательных процессов на динамику межкультурных кластеров.*

**Введение.** Одной из проблем, с которой сталкивается современная цивилизация, является стремительно возрастающие миграционные процессы, которые значительно изменяют «культурные ландшафты» регионов, порождая в ряде случаев проблемы межкультурных взаимодействий.

В работе предложена формальная математическая схема агентной имитационной модели межкультурных взаимодействий, в которой сделана попытка получения оценки динамики изменения «культурного ландшафта» с учетом демографических характеристик, особенностей взаимодействия между разными культурами, глубиной культурной памяти, а также интенсивностью взаимодействия между агентами [1].

**Векторная модель ассимиляционной динамики кластерного типа.** Введем в рассмотрение множество  $P$  – множество всех возможных культурных символов – объектов. Рассмотрим произвольный набор элементов данного множества:  $p_i \in P$ . Назовем такой набор агентом. Далее введем бесконечномерное векторное действительное пространство  $H$ , снабженное базисом, и будем считать, что существует отображение взаимно однозначно отображающее каждый набор  $p_i$  в элемент пространства  $H$ . Каждый элемент пространства  $x_i \in H$  будем называть культурным состоянием  $i$ -го агента в пространстве  $H$ . Тогда пространство  $H$  можно назвать пространством всех культурных состояний агентов или просто – культурным пространством. Введем понятие базы  $j$ -ой культуры. Базой культуры назовем пару  $(h_j, \phi_j)$ , где  $h_j \in H$  и  $\phi_j \in R$ . Определим  $h_j$  как вектор из пространства  $H$ . Определим  $\phi_j$  как критический угол для культуры  $j$ , то есть максимально возможный угол между вектором  $h_j$  и вектором культурного состояния агента. База культуры позволяет ввести в рассмотрение конус культуры, где осью конуса является  $h_j$ , а критический угол  $\phi_j$  – это угол между осью конуса и образующей конуса. Такой конус  $Y_j$  назовем конусом культуры  $j$ . Введем в рассмотрение конечномерное пространство  $H_0 = R^N$ , которое является подпространством  $H$ . Тогда, согласно теореме о проекции [2] для любого  $x \in H$  существует единственная проекция на  $H_0$ . Назовем  $H_0$  пространством общих символов-объектов. Ортогональное дополнение к  $H_0$  обозначим как  $H^+$ , и назовем пространством всех уникальных символов-объектов, присущим различным культурам. Обозначим оператор проекции пространства  $H$  на  $H_0$  как  $\pi(): H \rightarrow H_0$ , тогда  $x_i^+ + \pi(x_i) = x_i$ . Для дальнейшего построения проекции из бесконечномерного пространства в конечномерное, определим алгоритм кластеризации агентов в пространстве  $H_0$ . Пусть  $X(x_i, r)$  – кластер агентов в конусе с осью  $x_i$  и углом  $r$ . Назовем угол  $r \in R$  критическим. Под операцией замыкания будем понимать добавление новых агентов к кластеру, если угол к ближайшему агенту из

кластера меньше чем критический. Под мерой близости подразумевается  $\rho(a, b) = \arccos((a, b))$  – угловая метрика [3] между проекциями состояний агентов на  $H_0$ . Будем проводить операцию замыкания до тех пор, пока существуют такие агенты, что их расстояние до кластера меньше чем критический угол кластера. Таким образом, можно представить всех агентов как непересекающийся набор кластеров. Введем дискретное равномерное распределение, где для каждой размерности будет соответствовать вероятность ее выбора равная  $\frac{1}{m}$ , где  $m \in \mathbb{N}$  – заранее выбранное число. С помощью этого распределения будем строить проекции состояние агента из  $H^+$  на конечномерное пространство. Рассмотрим объединенное из проекции на  $H_0$  и проекции из  $H^+$  состояние агента  $x_i^t$  в момент времени  $t$ . Введем для него правило взаимодействия внутри кластеров:

$$x_{j,i}^{t+1} = x_{j,i}^t + \cos\left(\phi_{k_{j,i}} + \rho(x_{i,j}^t, x_{j,i}^t)(x_{i,j}^t - x_{j,i}^t)\right), \quad (1)$$

где  $x_i^t$  – культурное состояние  $i$ -го агента в момент времени  $t$ ,  $\phi_{k_i}$  – критический угол для конуса культуры  $Y_{k_i}$ , к которому принадлежит агент  $i$ .

Процесс рождения агентов моделируется следующим образом. Все агенты внутри кластеров разбиваются по парам, в каждой из которых рождается новый агент с культурным состоянием равным среднему по паре. Всего за одну итерацию появляется  $NW_k = \xi_k \alpha N_k$  новых агентов, где  $k$  – культура,  $N_k$  – численность  $k$ -ой культуры,  $\xi_k$  – плодовитость  $k$ -ой культуры, который описывает скорость появления новых агентов и  $\alpha$  – параметр рождаемости – макро характеристика всей популяции. В течение процесса смертности на каждом временном такте из всех агентов, с помощью дискретного равномерного распределения выбирается доля агентов, равная  $\beta$  – параметр смертности. Полученное число  $ND = \beta N$  агентов удаляется из модели, где  $N$  – общая численность агентов. Опишем образовательный процесс. В процессе образования происходит приближение культурного состояния к некоторой окрестности, в которой появился новый агент. В текущей реализации глубина памяти составляет один такт. Все агенты, появившиеся на данном такте, изменяют свои культурные состояния на культурные состояния, отличные от исходных на фиксированный угол  $\zeta_k$ , для  $k$ -ой культуры. При этом направление изменения культурного состояния агента происходит в сторону центра кластера, в котором появился агент.

**Имитационные эксперименты.** Для демонстрации влияния образовательного процесса введем понятие средней вероятности межкультурного кластера. Под средней вероятностью кластера будем понимать отношение числа агентов в межкультурных кластерах к общему числу агентов. В работе представлены два имитационных эксперимента: первый демонстрирует динамику межкультурных взаимодействий для низкого показателя образования  $\zeta_k = 10^{-3}$ ; второй демонстрирует динамику межкультурных взаимодействий для режима переключения показателя образования с  $\zeta_k = 3 \cdot 10^{-3}$  на  $\zeta_k = 0.5$  га 150 такте. На рис. 1 и 2 представлены два графика для двух экспериментов, на которых изображены динамика средней вероятности межкультурных кластеров и динамика общей численности агентов.

На протяжении всего эксперимента вероятность межкультурных кластеров агентов колеблется около значения 0.5, а общая численность агентов сохраняется в диапазоне 590–600 агентов.

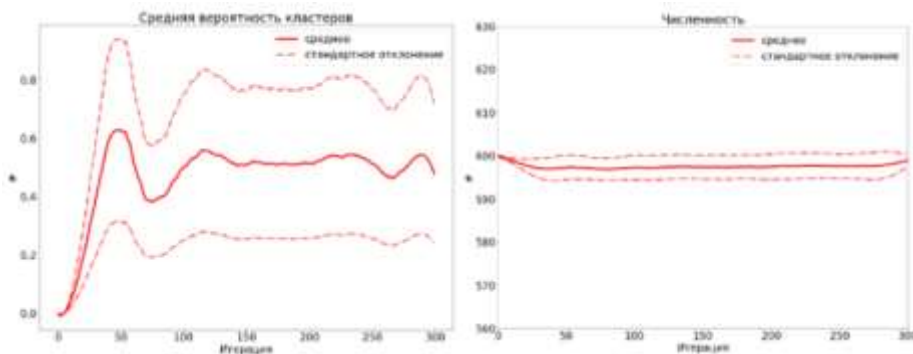


Рис. 1. Эксперимент с низким показателем образования

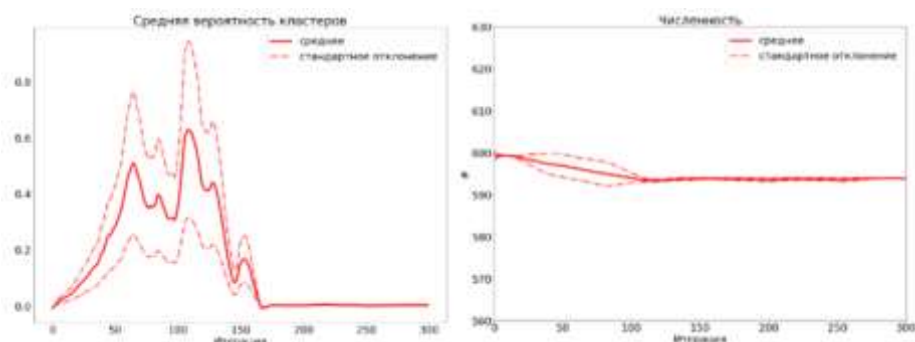


Рис. 2. Эксперимент с режимом переключения показателя образования

С начала эксперимента вероятность представляется хаотическим процессом. После переключения на высокий показатель образования – падает. Общая численность агентов сохраняется в диапазоне 590–600 агентов.

Сравнивая результаты экспериментов можно видеть, что образование является одним из главных факторов, влияющих на формирование культурных неопределенностей.

**Заключение.** Предложенный математический формализм позволил по-новому взглянуть на проблему описания взаимодействия культур. Представленная выше модель показывает, что предложенный подход к описанию межкультурного взаимодействия агентов позволяет анализировать влияние процессов образования и глубины культурной памяти на процессы возрастания культурной неопределенности. Автор надеется, что данная работа продемонстрирует возможность до некоторой степени формализации такого сложного процесса как культурное взаимодействие.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Loginov F., Belotelov N.** Agent-Based Approach of Cross-Cultural Interactions in Hilbert Space, *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2021. Vol. 358. P 252–263.
2. **Гилбарг Д., Трудингер М.** Эллиптические дифференциальные уравнения с частными производными второго порядка: Наука, 1989, стр. 83 теорема 5.6
3. **Burago D., Burago Y., Ivanov S.** *A Course in Metric Geometry*, American Mathematical Society Providence, 2001, Example 1.2.25

F.V.Loginov (Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow)

#### **Agent model of intercultural interactions - the emergence of cultural uncertainties**

The paper describes a simulation agent model of intercultural interactions in a country whose population belongs to different cultures. In the model, the space of cultures is represented as a Hilbert space, in which certain subspaces correspond to different cultures, which makes it possible to describe the state of agents by a vector in the Hilbert space. The number of agents belonging to certain cultures is determined by the demographic processes that correspond to these cultures, the depth and integrity of the educational process, as well as the intensity of intercultural contacts. Interaction between agents occurs within clusters, into which, according to certain criteria, the entire set of agents is divided, which makes it possible to form intercultural clusters – clusters in which there are agents of different cultures. Such intercultural clusters generate uncertainties in cultural dynamics. The paper presents the results of simulation experiments that illustrate the impact of demographic and educational processes on the dynamics of intercultural clusters.