



Искусственные общества. 2013-2024

ISSN 2077-5180

URL - <http://artsoc.jes.su>

Все права защищены

Выпуск 4 Том 16. 2021

Агент-ориентированная модель «Интеллектуальная Россия»: исследование уровня трудового потенциала и уровня удовлетворенности в региональном и отраслевом разрезах

Кузнецова Ольга Игоревна

*Центральный экономико-математический институт Российской академии наук
Российская Федерация, Москва*

Аннотация

Создание искусственного общества – актуальный вызов современной науке. Такое модельное общество может быть полезно при прогнозировании различных сценариев развития социально-экономических процессов в стране в зависимости от различных управленческих решений и реакций на них отдельных его агентов. Один из методов реализации такого общества – агент-ориентированное моделирование, которое используется для создания системы на уровне ее отдельных агентов. Данная статья описывает агент-ориентированную модель, представляющую собой искусственное общество граждан России. Приведены результаты компьютерных экспериментов, позволяющих оценивать состояния отраслей и регионов страны с точки зрения уровня трудового потенциала и уровня удовлетворенности.

Ключевые слова: агент-ориентированная модель, моделирование, искусственное общество, социально-экономические процессы, регионы России, агенты, агентное моделирование

Дата публикации: 19.12.2021

Источник финансирования:

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 20-010-00339)

Ссылка для цитирования:

Кузнецова О. И. Агент-ориентированная модель «Интеллектуальная Россия»: исследование уровня трудового потенциала и уровня удовлетворенности в региональном и отраслевом разрезах // Искусственные общества. – 2021. – Т. 16. – Выпуск 4. URL: <https://artsoc.jes.su/s207751800017946-9-1/>. DOI: 10.18254/S207751800017946-9

1

Введение

Агент-ориентированное моделирование – вид компьютерного имитационного моделирования. Оно применяется, когда необходимо моделировать ситуации с большим количеством участников (агентов), которые действуют автономно, но совместно влияют на поведение всей системы в целом. Агентами могут быть люди, животные, предприятия, атомные частицы, процессы и многое другое. В последнее время с развитием вычислительных мощностей сфера применения агент-ориентированного моделирования расширяется. Сейчас популярна тема создания искусственного общества. В этой сфере можно отдельно выделить ряд профильных работ сотрудников ЦЭМИ РАН, которые разрабатывают агент-ориентированные модели, описывающие демографические, экологические, логистические и другие социально-экономические процессы [1-8].

2 Данная статья посвящена описанию разработанной агент-ориентированной модели, которая воссоздает искусственную популяцию граждан России и их поведение. Количество агентов соответствует реальной численности граждан РФ – более 146 млн. Модель создает компьютерных агентов, которые имитируют реальных граждан России. Преимущественно для расчетов используются официальные статистические данные по регионам России, источниками которых являются ЕМИСС¹ и Росстат². Каждый агент в модели имеет ряд персональных свойств, а также набор действий, которые он может совершать на каждом шаге модельного времени. Действия агентов и изменения их свойств формируют совокупные показатели на уровне всей популяции (макропоказатели регионов). Таким образом, прогнозные значения макропоказателей создаются в результате действий агентов на каждом новом шаге модельного времени.

3 На данном этапе основной задачей модели является оценка состояния отраслей (состав отраслей основан на ОКВЭД³) и регионов с точки зрения трудового потенциала агентов, занятых в них, а также прогнозирование ситуации на будущие периоды. Такой подход позволит спрогнозировать будущее развитие или упадок тех или иных отраслей в каждом из регионов.

4

Описание модели

В процессе создания популяции каждому агенту в модели назначаются следующие свойства:

- ID (уникальный идентификационный номер);

- пол;
- возраст;
- регион проживания;
- ID семьи (уникальный идентификационный номер «ячейки», к которой прикреплены все члены семьи);
- уровень образования (высшее, среднее профессиональное, среднее общее, основное общее, отсутствует);
- сфера деятельности/статус (ребёнок, студент, безработный, пенсионер или работник одной из сфер деятельности);
- рабочий стаж, уровень квалификации;
- группа доходности;
- уровень оплаты труда;
- уровень удовлетворенности;
- уровень трудового потенциала.

⁵ Регионы и отрасли представлены макропоказателями, которые формируются на основании совокупных показателей (свойств) агентов и/или групп агентов. В качестве наиболее показательных можно выделить уровень удовлетворенности и трудового потенциала агентов. Эти две характеристики рассчитываются в модели индивидуально для каждого агента, исходя из его собственных свойств, а также характеристик региона проживания.

⁶ Изменения свойств популяции и, соответственно, состояний регионов и отраслей (прогноз) формируются в результате демографических процессов (взросление, рождение новых агентов, смерть) и действий, совершаемых агентами на каждом этапе модельного времени. В модели представлены следующие действия:

- ⁷ • смена статуса (переход ребёнка в статус студента, студента - в статус занятого, занятого – в безработные или пенсионеры и т. д.);
- переезд, смена сферы деятельности, повышение квалификации. Выбор того или иного действия зависит от личных свойств агента, в первую очередь от уровня удовлетворенности.

⁸ В полной мере процесс назначения свойств и алгоритмов поведения агентов, а также техническая реализация модели описаны в предыдущих работах автора и соавторов [1, 6, 8]. Более подробно остановимся на описании таких характеристик агента как уровень удовлетворенности и уровень трудового потенциала.

⁹ Уровень удовлетворенности агента (S_j) являет собой нормированный показатель, исчисляемый от 0 до 1, рассчитываемый по следующей формуле (подробное описание в [8]).

$$S_j = k_1 X_{1j} + k_2 X_{2j} + k_3 X_3 + k_4 X_4 + k_5 X_5 + k_6 X_6 + k_7 X_7 \quad (1)$$

¹⁰ где X_i – показатели свойств агента или характеристик региона проживания агента (Таблица 2), k_i – коэффициенты значимости при показателях X_i (Таблица 2), i – номер показателя, $i = 1, \dots, 7$, j – номер агента.

12 Уровень трудового потенциала агента (P_j) также является нормированным показателем, исчисляемым от 0 до 1, вычисляется следующим образом:

$$13 \quad P_j = h_1 Y_{1j} Y_{1j} + h_2 Y_{2j} + h_3 Y_{3j} + h_4 Y_{4j} + h_5 Y_{5j} \quad (2)$$

14 где Y_i , $i = 1, \dots, 5$ - показатели свойств агента (Таблица 3).

15 Из (2) следует, что увеличение значений показателей Y_i , $i = 1, \dots, 5$, за исключением возраста (Y_1), напрямую влияет на рост трудового потенциала. Возраст же имеет максимальный вклад в трудовой потенциал в определенной точке (60 лет), затем начинает убывать. В связи с этим $h_1 Y_1$ – возрастает на множестве значений аргумента $Y_1 \leq 60$, а далее убывает.

16 Коэффициенты значимости (k_i) при вычислении уровня удовлетворённости подбирались на основании последовательного изменения набора этих коэффициентов. Эксперименты проводились за следующий период: 2017г., 2018г. и 2019г. Целью подбора являлось выявления такого набора коэффициентов, при котором уровень удовлетворенности и уровень трудового потенциала имеют наименьшее расхождение 2018 и 2019 годов от базового 2017 года. Таким образом, с помощью модели проводились компьютерные эксперименты с различными входными данными – различными наборами коэффициентов. Было проведено 16 экспериментов, в результате которых был выявлен набор данных с минимальной волатильностью уровня удовлетворенности и уровня трудового потенциала за 3 года – оптимальный набор (Таблица 2). Такой набор был реализован в запуске №13 (Таблица 1). Данный набор коэффициентов будет использован для дальнейших расчетов.

17 *Таблица 1. Средние расхождения от базового 2017*

Номер набора параметров	Уровень трудового потенциала	Уровень удовлетворенности
1	5,32%	3,63%
2	3,77%	5,98%
3	6,28%	3,97%
4	2,86%	9,13%
5	7,34%	6,80%
6	4,93%	7,34%
7	2,41%	3,83%
8	2,58%	4,41%
9	2,28%	4,17%
10	4,89%	4,53%
11	7,18%	3,40%
12	3,31%	7,22%
13	1,11%	3,09%
14	2,35%	4,22%
15	2,75%	10,23%
16	1,85%	3,13%

18 *Таблица 2. Оптимальный набор коэффициентов значимости для определения уровня удовлетворенности агента*

	k_1 3/п к среднему уровню (X_1)	k_2 3/п к прожиточному минимуму (X_2)	k_3 Здравоохранение (X_3)	k_4 Образование (X_4)	k_5 Наука и инновации (X_5)	k_6 Престиж (X_6)	k_7 Клим (X_7)
Агент с							
1 ребенок / детьми	0,3	0	0,3	0,3	0	0,05	0,05
2 Исследователь	0,2	0	0,1	0	0,6	0,1	0
3 Занятый	0,5	0	0,1	0	0,1	0,3	0
4 Безработный	0	0,5	0,2	0	0	0,2	0,1
5 Пенсионер	0	0,2	0,4	0	0	0,1	0,3
6 Студент	0	0	0,1	0	0,6	0,3	0

20 *Таблица 3. Веса показателей в определении уровня трудового потенциала*

	h_1 Возраст	h_2 Стаж	h_3 Уровень образования	h_4 Уровень квалификации	h_5 Уровень удовлетворенности
Веса показателей	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3

21

Результаты компьютерных экспериментов

Особый интерес в оценке состояния регионов и отраслей представляют показатели уровня удовлетворенности и уровня трудового потенциала. В данном параграфе приведены результаты компьютерных экспериментов, на основании которых проводится анализ этих показателей. Была проанализирована информация по 82-м регионам за период с 2017 г. по 2019 г.

22 *Регионы* На уровне страны можно выделить регионы, которые имеют наиболее высокий и наиболее низкий уровень трудового потенциала по всем агентам региона. На Рисунке 1 представлены 5 лучших и 5 худших по уровню трудового потенциала регионов РФ. В топ-5 регионов на 2019 вошли города Москва (0,38) и Санкт-Петербург (0,37), Московская область (0,362), Белгородская область (0,36) и город Севастополь (0,35). Можно отметить, что с 2017 по 2019 годы Московская область «обогнала» Белгородскую, а г. Севастополь имеет негативную тенденцию. К регионам с наиболее низкими значениями трудового потенциала относятся Республики Тыва (0,28), Алтай (0,279), Дагестан (0,270), Ингушетия (0,25) и Чеченская Республика (0,23). Стоит отметить, что только Республика Ингушетия имеет выраженный позитивный тренд.

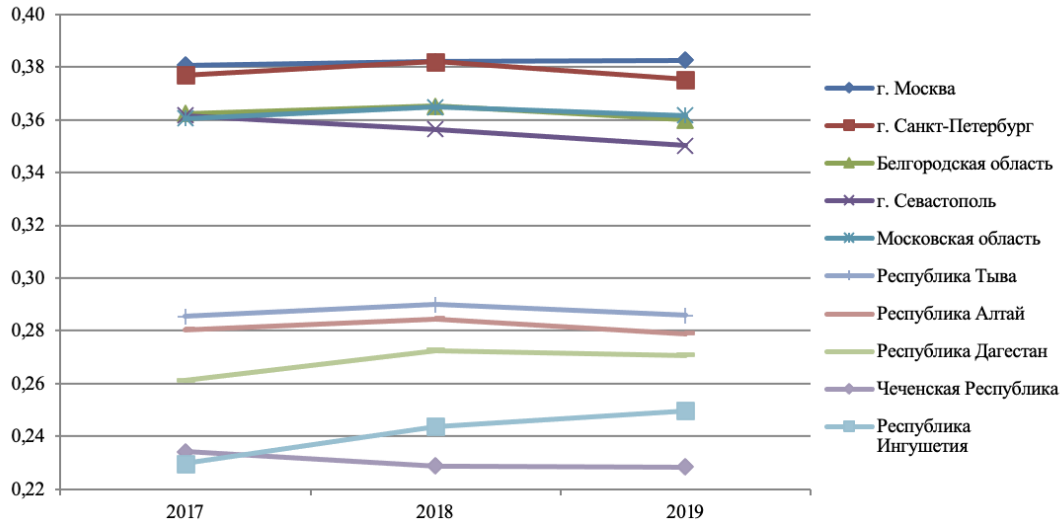


Рисунок 1. ТОП-5 лучших и худших регионов по уровню трудового потенциала

24 Целесообразно оценить отдельно и динамику изменения уровня трудового потенциала (Рисунок 2). Изменения оценивались за период с 2017 по 2019 гг. Можно видеть, что Республика Ингушетия в 2017 занимала последнее место, тем не менее, она действительно имеет самую активную положительную динамику (8,67%). Самую сильную отрицательную динамику имеет Республика Саха (-5,59%), в общем списке она занимает 73-е место в 2019 г. Общее количество регионов, которые имеют положительную динамику, составило 40, то есть чуть меньше половины.

25

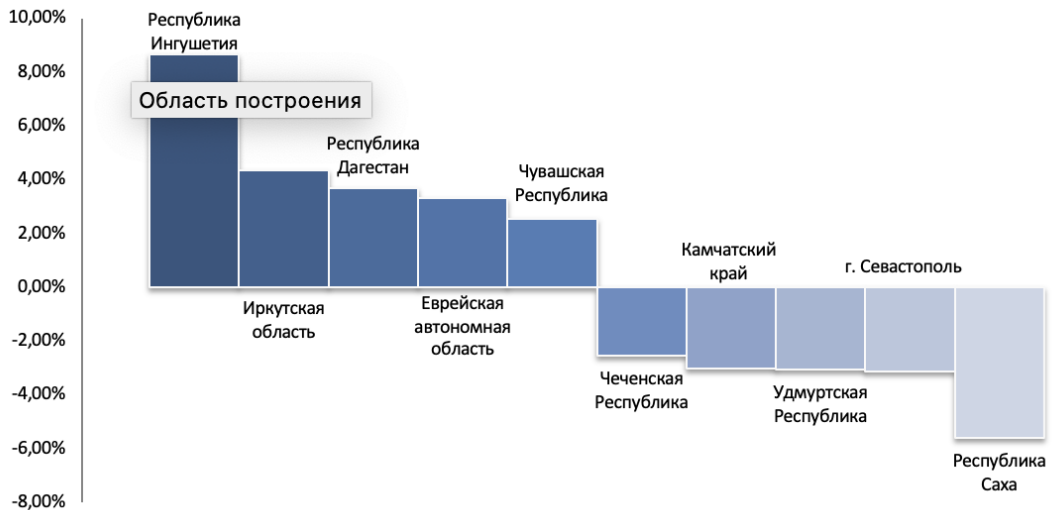


Рисунок 2. ТОП-5 лучших и худших регионов по динамике уровня трудового потенциала

26 Кроме уровня трудового потенциала имеет смысл оценить и уровень удовлетворенности населения в регионах и сопоставить его с уровнем трудового потенциала. На рисунке 3 представлены 5 лучших и 5 худших по уровню удовлетворенности регионов РФ. В топ-5 регионов в 2019г. вошли города Санкт-Петербург (0,3), Москва (0,289), Краснодарский край (0,284), Белгородская область (0,282) и Республика Крым (0,27). К регионам с наиболее низкими значениями

уровня удовлетворенности относятся Республика Марий Эл (0,157), Челябинская область (0,155), Чеченская Республика (0,137), Чукотский автономный округ (0,136), Республика Ингушетия (0,09).

27

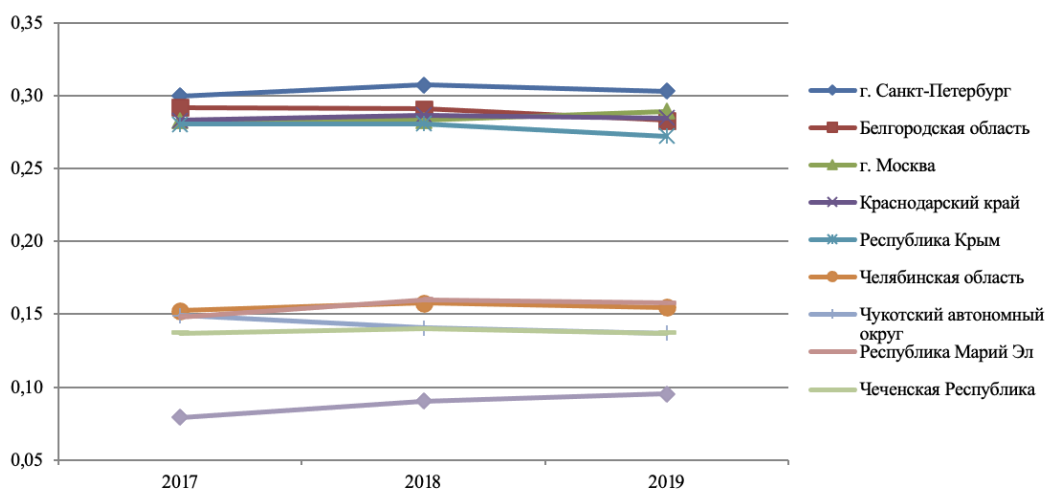


Рисунок 3. ТОП-5 лучших и худших регионов по уровню удовлетворенности

28 Что касается динамики, стоит отметить, что и по динамике уровня удовлетворенности лидирует Республика Ингушетия (20%). Самый негативный тренд продемонстрировала Удмуртская Республика (-16%). Общее количество регионов с положительной динамикой составило 46 (56%).

29

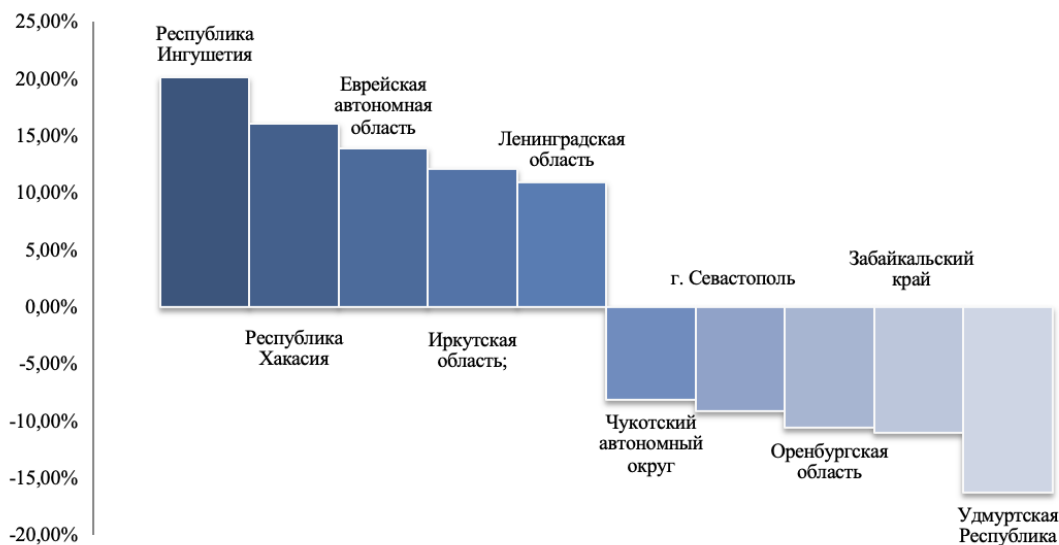


Рисунок 4. ТОП-5 лучших и худших регионов по динамике уровня удовлетворенности

30

Отрасли Как можно видеть на Рисунке 5 отраслью, которая имеет самый высокий уровень трудового потенциала по состоянию на 2019г., является отрасль «Наука и образование» (0,31). То есть средний трудовой потенциал всех агентов, занятых в этой отрасли, самый высокий среди всех прочих отраслей. Причем, в соответствии с полученными результатами, этот уровень примерно на 16% выше, чем в «ближайшей» отрасли «Деятельность в области информации и связи» (0,26). Самый низкий показатель у агентов, которые не имеют никакой сферы

деятельности («Нет сферы»; 0,2), это связано с тем, что в эту категорию входят все, кто не имеет работы, включая агентов-детей. Стоит отметить, что кроме отраслей с наибольшим и наименьшим значениями, остальные отрасли имеют не столь значительные отличия. Средний уровень трудового потенциала по всему населению страны (кроме исследователей) составил 0,23. В соответствии с полученными результатами, с 2017г. по 2019г. этот показатель упал более чем на 20%.

31

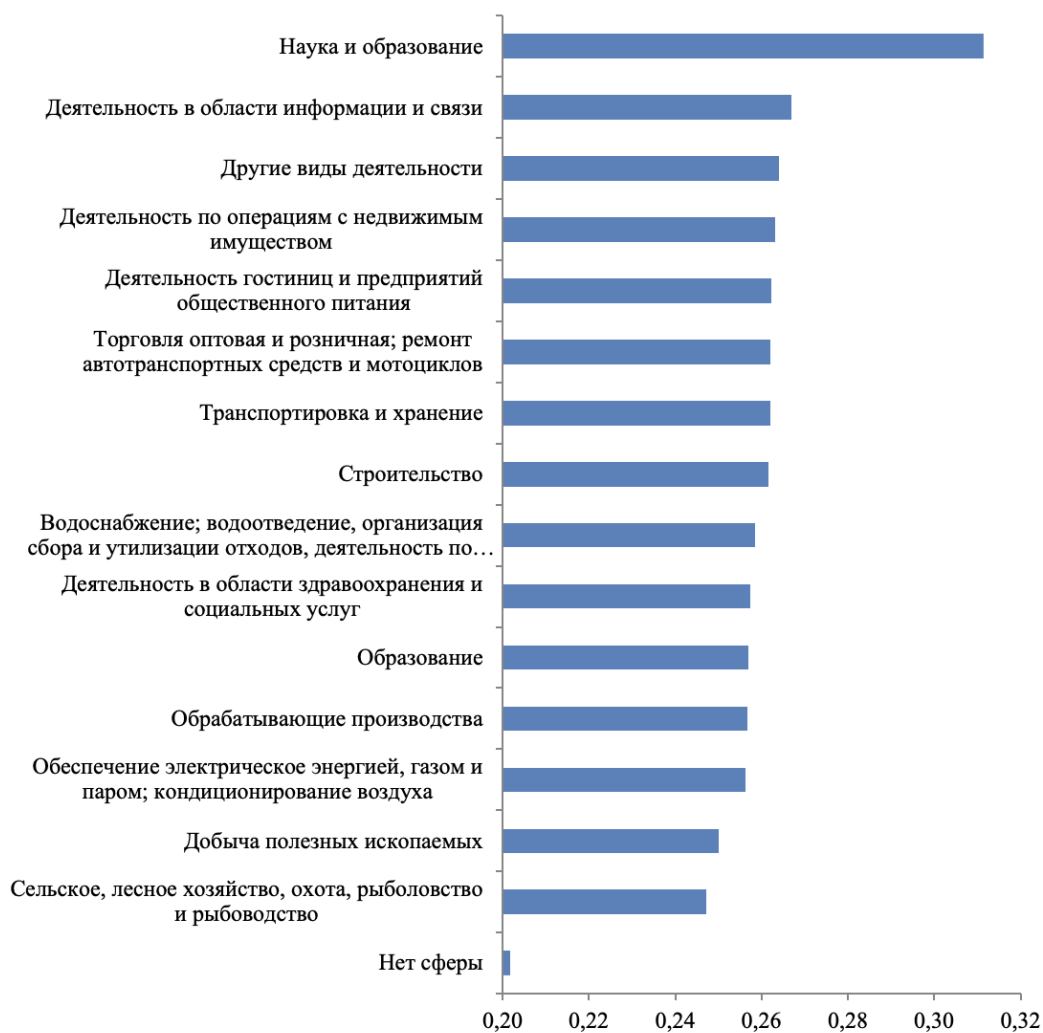


Рисунок 5. Рейтинг отраслей по уровню трудового потенциала

32

Аналогичный анализ по уровню удовлетворенности показал, что нет определенной зависимости трудового потенциала от уровня удовлетворенности (Рисунок 6). Результаты показывают, что у исследователей (сфера «Наука и образование»), которые имеют наивысший показатель трудового потенциала, самый низкий уровень удовлетворенности (0,23), самый высокий – у работников сферы «Деятельность в области информации и связи» (0,36). Средний уровень удовлетворенности по стране составил 0,31.

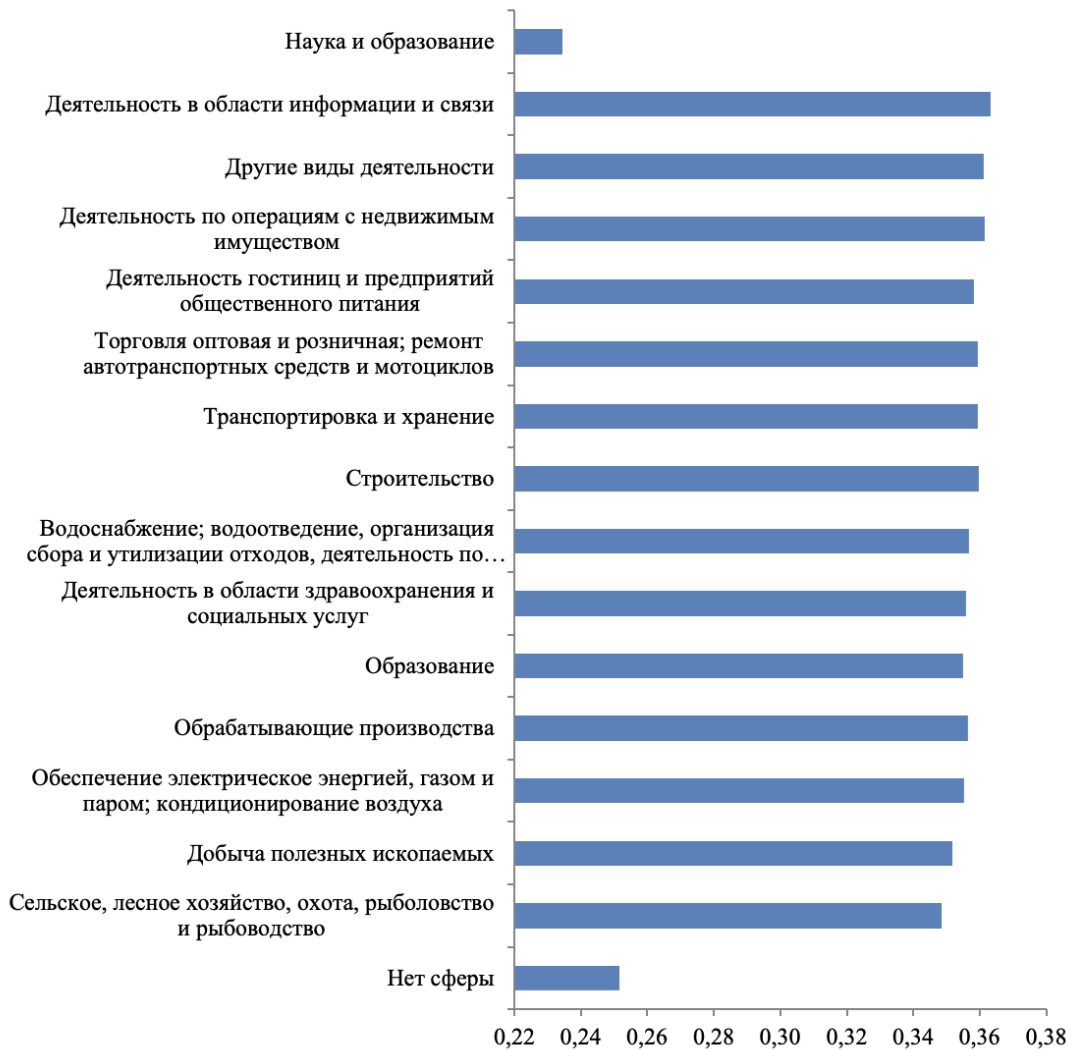


Рисунок 6. Рейтинг отраслей по уровню удовлетворенности

Заключение

В статье была представлена агент-ориентированная модель, описывающая искусственное общество граждан России. Приведен анализ результатов компьютерных экспериментов, позволяющих оценивать состояния отраслей и регионов с точки зрения уровней трудового потенциала и удовлетворенности агентов. Самыми лучшими регионами в соответствии с модельными результатами оказались г. Москва (по трудовому потенциалу) и г. Санкт-Петербург (по уровню удовлетворённости). Лучшую динамику по обоим показателям показала Республика Ингушетия. По отраслям самый высокий уровень трудового потенциала имеет отрасль «Наука и образование».

Примечания:

1. Федеральная служба государственной статистики, >>>>
2. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС), >>>>

Библиография:

1. Акиншин А.А., Хачатрян Н.К., Кузнецова О.И. Имитационная модель российского общества: хранение данных модели, обработка и представление результатов // Вестник ЦЭМИ. 2021, № 1.
2. Бахтизин А.Р., Макаров В.Л., Сушко Е.Д., Максаков А.А. Демографическая агент-ориентированная модель России и оценка ее применимости для решения практических управленческих задач // Искусственные общества. 2021, Т. 16, № 2.
3. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д., Сушко Б. Разработка агент-ориентированной демографической модели России и ее суперкомпьютерная реализация // Вычислительные методы и программирование. 2018, Т. 19, № 4
4. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р. Социальное моделирование – новый компьютерный прорыв (агент-ориентированные модели). – Москва: Экономика, 2013.
5. Сушко Е.Д. Мультиагентная модель региона: концепция, конструкция и реализация // Учреждение Российской академии наук Центральный экономико-мат. ин-т РАН – 2012.
6. Хачатрян Н.К., Акиншин А.А., Кузнецова О.И. Имитационная модель российского общества: создание и анализ виртуальной популяции // Искусственные общества. 2020, Т. 15, № 4.
7. Хачатрян Н.К., Кузнецова О.И. Компьютерное моделирование вариантов пространственного развития научно-технологической сферы в Российской Федерации // Экономика и математические методы. 2020, Т. 56, №3.
8. Akinshin A.A., Khachatryan N.K., Kuznetsova O.I., Borisova S.V. Agent-based model "Intellectual Russia": model construction and optimization of calculations // CEUR Workshop Proceedings. – 2021.

Agent-based model "Intellectual Russia": a Study of the Level of Labor potential and the Level of Satisfaction in the Regional and Sectoral sections

Olga Kuznetsova

*Central Economics and Mathematics Institute, Russian Academy of Sciences
Russian Federation, Moscow*

Abstract

The creation of an artificial society is an urgent challenge to modern science. Such a model society can be useful in predicting various scenarios for the development of socio-economic processes in a country, depending on various managerial decisions and the reactions of its individual agents to them. One of the methods of implementing such a society is agent-based modeling, which is used to create a system at the level of its individual agents. This article describes an agent-based model, which is an artificial society of Russian citizens. The results of computer experiments are presented, which make it possible to assess the state of industries and regions of the country from the point of view of the level of labor potential and the level of satisfaction.

Keywords: agent-based model, modeling, artificial society, socio-economic processes, regions of Russia, agents, agent modeling

Date of publication: 19.12.2021

Citation link:

Kuznetsova O. Agent-based model "Intellectual Russia": a Study of the Level of Labor potential and the Level of Satisfaction in the Regional and Sectoral sections // Artificial societies. – 2021. – V. 16. – Issue 4. URL: <https://artsoc.jes.su/s207751800017946-9-1/>. DOI: 10.18254/S207751800017946-9