

Инструментарий моделирования оптимального размещения вузов по территории страны

Г. Р. Ислакаева

Башкирский государственный университет

Россия, г. Уфа, 450076, улица Карла Маркса, 3/4.

Email: islakaeva@list.ru

Статья посвящена вопросам развития инструментария агент-ориентированного моделирования размещения вузов страны по ее территории для исследования степени выполнения возложенной на них функции – системообразующей функции в регионах. Критерий оптимальности размещения – выполнения вузами функции системообразования для экономики регионов. Предложена постановка задачи оптимального размещения научно-образовательных «точек роста» по территории страны, с подробной спецификацией агентов, их поведенческие функции, лежащие в основе принятия решений в агент-ориентированной модели.

Ключевые слова: агент-ориентированное моделирование, региональная политика, вузы.

В этой статье рассматриваются вопросы моделирования оптимального размещения вузов по территории страны с точки зрения выполнения ими задач, поставленных российским государством, которые лежат в плоскости решения фундаментальной научной проблемы, Размещение вузов по территории страны является предметом региональной политики федерального центра. Фундаментальная проблема состоит в том, что инструментарий моделирования решений в сфере осуществления региональной политики федерального центра в части размещения организаций высшего образования. Продвижение в решении данной фундаментальной научной проблемы дало бы возможность получать прикладные результаты, в части оценки эффективности такой политики. Здесь мы рассматриваем подходы к решению данной фундаментальной проблемы, основанные на методологии агент-ориентированного моделирования с применением компьютерного моделирования [1–4].

Опишем здесь проблему проведения региональной политики и планирования в области размещения вузов, которая требует разработки для ее изучения математических методов моделирования.

Как известно, несколько лет назад была поставлена задача достижения мирового уровня в сфере высшего образования и науки. Эта задача решалась в ходе проведения определенной региональной политики по созданию многочисленных научно-образовательных «точек роста» по территории страны, роль которых играли феде-

ральные университеты (ФУ) и национальные исследовательские университеты (НИУ). Важно отметить, что согласно Концепции создания и государственной поддержки развития федеральных университетов [5], эти университеты должны играть «системообразующую роль в региональной среде вузов, будучи центрами сосредоточения научной и педагогической мысли».

Агентами первого типа в нашей модели являются 10 ФУ и 29 НИУ, которые на первом этапе могут не дифференцироваться, с точки зрения обладания особым статусом, особо высоким финансированием, признанием особо высокого научного потенциала и налагаемой на них функцией системообразования – пусть это будут одинаковые агенты. Итого, таких системообразующих агентов фактически 39. Будем считать, что агенты-университеты могут «рождаться» (каким-то университетам присваивается статус ФУ или НИУ или они создаются «с нуля») или «умирать» (статус ФУ или НИУ у университета отзывается). В нашей модели, поскольку задачей является выяснение их расположения с точки зрения максимизации выполнения ими системообразующей функции, количество и расположение агентов-университетов не будет нами ограничиваться каким-то заданным числом. Их количество и расположение будет определяться в ходе действия модели на основе поведенческих функций и ограничений. Прежде чем описать поведенческие функции и ограничения, налагаемые на агенты-университеты, опишем других агентов, с которыми им надо взаимодействовать.

Поскольку агенты-университеты должны выполнять системообразующую функцию, то они взаимодействуют с другими научными и образовательными центрами, а также предприятиями – потенциальными потребителями знаний и квалифицированной рабочей силы. На первом этапе не будем проводить дифференциацию между ними, будем считать, что все эти потребности отражаются в населении, сгруппированном в поселения. Тем самым, агентами второго типа будут все поселения (большие города, средние и малые города, муниципальные районы). Муниципальные районы выбраны в качестве поселений вместе с расположенными на их территории городскими поселениями, т.к. иначе количество агентов для дальнейшего реального моделирования представляется слишком большим (свыше 18500 сельских поселений в России, а деревень еще больше), и это не критично с точки зрения данной задачи.

Агенты-поселения отличаются двумя качествами: количеством населения и качеством населения в части потребностей знаний. Будем считать, что чем мельче поселение, тем менее технологически развиты производства в них, тем менее они наукоемкие и нуждающиеся в инновациях, также там непропорционально меньше потенциальных потребителей знаний среди населения и носителей знаний. Эту непропорциональность будем отражать квадратным корнем из численности населения. Т.е. интегральный показатель количества населения и его качества, который мы будем называть потенциалом поселения, будет выражаться корнем квадратным из численности населения:

$$P_j = \sqrt{N_j} \quad (1)$$

P_j – потенциал поселения j (его потребность в знаниях и технологиях);

N_j – население поселения j .

Кроме того, поселение будет характеризоваться фактическими географическими координатами на карте Российской Федерации.

Агенты-поселения стационарны и распложены согласно их фактическому географическому положению в настоящее время. Агенты-университеты могут совершенно свободно перемещаться по территории страны: будем считать, что в идеале, если это целесообразно, университет как системообразующий центр может быть создан в прямом смысле в «чистом поле», т.е. на месте, где и поселения в данный момент нет. Сколково в определенном смысле соответствует этой идее. Вернемся теперь к описанию поведенческих функций и ограничений, налагаемых на агенты-университеты. Исходно, представляется целесообразным покрыть всю карту России агентами-университетами на равном расстоянии друг от друга, своеобразной сеткой. Расстояние между агентами-университетами целесообразно выбрать 250 км (в принципе, это может быть параметр, регулируемый в модели). Выбор числа 250 определяется тем, что это половина расстояния между крупными городами в европейской части России.

Системообразующая функция агента-университета, очевидно, убывает по мере удаления агента-поселения от агента-университета, представим ее силу в виде убывающей функции. Эту функцию аналитически можно представить в виде:

$$F(d) = A * (d + 50)^{-\alpha} \quad (2)$$

Здесь $F(d)$ – сила системообразующей функции агента-университета, зависящая от расстояния d до агента-поселения;

d – расстояние между агентом-университетом и агентом-поселением;

α – коэффициент убывания силы;

50 км – это средний размер города и число, исключающее обращение F в бесконечность при $d=0$.

Чтобы уменьшить число произвольно выбираемых параметров, дадим количественное определение коэффициентам A и α из следующих соображений. Во-первых, будем исходить из того, что сила влияния F драматически падает на расстоянии 1000 километров – расстояние, превышающее примерно в два раза расстояния между большими городами в европейской части России и максимальное в азиатской части. Это отношение:

$$\frac{F(0)}{F(1000)} = k, \quad (3)$$

где k – экзогенно задаваемый параметр, примерно равный 20–100, что означает, что на расстоянии 1000 километров системообразующее влияние агента-университета ослабевает до величин между 5% и 1% от его влияния в месте нахождения самого агента.

Это соотношение позволяет, после подстановки (3) в (2) получить следующее значение для α :

$$\alpha = \frac{\ln(1/k)}{\ln(1050)} \quad (4)$$

Тогда (2) будет иметь вид:

$$F(d) = A * (d + 50)^{-\frac{\ln(1/k)}{\ln(1050)}} \quad (5)$$

Коэффициент A определим из условия нормирования:

$$F(0)=1 \quad (6)$$

что дает нам:

$$A = 1050^{\frac{\ln(1/k)}{\ln(1050)}} \quad (7)$$

После подстановки (7) в (5), после несложных преобразований получаем:

$$F(d) = \left(\frac{d+50}{1050}\right)^{-\frac{\ln(1/k)}{\ln(1050)}} \quad (8)$$

Итак, системообразующая сила агента-университета определяется выражением (8), а потенциал поселения, отражающий его потребность в агенте-университете определяется выражением (1). Это позволяет нам определить результат их взаимодействия как эффективность действия системообразующей силы F на потенциал поселения P в виде их произведения:

$$E(d) = F(d)*P \quad (9)$$

Процесс эмуляционного эксперимента в агент-ориентированной модели будет выглядеть следующим образом. На первом этапе, все агенты-университеты перемещаются из точки, где находятся, в точку, где они максимизируют суммарный эффект действия их системообразующей силы. Этот суммарный эффект подсчитывается по формуле:

$$E_{ij} = \sum_{j \in \Omega_i} F_{ij}(d_{ij}) * P_j \quad (10),$$

где E_{ij} – эффект действия системообразующей силы агента-университета i на агент-поселение j в регионе Ω_i ; Ω_i – территория, представляющая собой круг диаметром 1000 км и с центром в месте расположения агента-университета i ; d_{ij} – расстояние между агентом-университетом i и агентом-поселением j .

Область θ_i , в пределах которой агент-университет ищет точку максимизации E , ограничена, т.к. иначе все агенты-университеты собрались бы в одной точке страны (это

оказалась бы Москва, конечно). Определим область θ_i , как концентрический круг диаметром 250 км (размер шага сетки). Процесс выбора нового места расположения агента-университета можно организовать как случайное блуждание в пределах области θ_i , в поиске максимального значения E (при этом Ω_i будет определяться каждый раз относительно места нахождения агента-университета i , т.е. двигаться вместе с агентом, охватывая новые агенты-поселения и теряя часть тех, которые были). Также, процесс поиска нового места можно организовать в виде двушагового алгоритма. На первом шаге агент-университет производит своеобразное маркетинговое исследование: не перемещаясь физически, производит по формуле (10) расчет эффекта действия системообразующей силы из углов 5-ти концентрически расположенных шестиугольников (теория Кристаллера-Леша) на расстоянии 50 километров от места текущего расположения (выбор числа 50 определяется средним размером больших городов).

При этом область Ω_i и область θ_i не выходят за границы Российской Федерации (если граница оказывается ближе, чем формальная граница области Ω_i , то фактическая для целей моделирования оказывается усеченной по географической границе страны). На втором шаге агент-университет перемещается в тот угол одного из шестиугольников, в котором достигается максимальное значение суммарного эффекта действия системообразующей силы E . В результате такой оптимизации все агенты-университеты, по всей стране займут позиции, где они максимизируют свой суммарный эффект действия системообразующей силы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №16-36-50052.

Литература

1. Бахтизин А. Р. Агент-ориентированные модели экономики. М.: Экономика. 2008. 279 с.
2. Макаров В. Л., Бахтизин А. Р. Социальное моделирование – новый компьютерный прорыв (агент-ориентированные модели). М.: Экономика, 2013. – 295 с.
3. Зилькарнай И. У. Моделирование горизонтальной конкуренции юрисдикций // Искусственные общества. 2014. Т. 9. №1–4. С. 133–143.
4. Зилькарнай И. У. Методологические вопросы агент-ориентированного моделирования экономической целесообразности границ юрисдикций // Вестник Башкирского университета. 2015. Т. 20. №3. С. 903–906.
5. Концепция создания и государственной поддержки развития федеральных университетов. Сайт Министерства образования и науки Российской Федерации [электронный ресурс]/ URL: <http://xn--80abucjiibhv9a.xn--p1ai/%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B/2005> (дата обращения 15.10.2016).

Instruments of modelling of optimal arrangement of universities across the territory of the country

G. R. Islakaeva

Bashkir State University

3/4 Karl Marx Street, 450076 Ufa, Russia.

Email: islakaeva@list.ru

The article studies questions of development of instruments and methods of agent-based modelling of the arrangement of universities across the country from point of view of researching how the state implements its tasks that stays in the face of the system of higher education: a) implementation the role of centers for regional university's systems to help to increase competitiveness of regional economy; b) development of innovative quality of Russian economy; c) incoming Russian universities in the lists of best universities of the world. The criterion of optimization is implementation the role of centers of regional university systems.

Keywords: agent-based modelling, regional policy, universities.