

**ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННОМУ
МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОЦЕССОВ ВОСПРОИЗВОДСТВА ИНВЕСТИЦИОННОГО
ПОТЕНЦИАЛА ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫХ СЕКТОРОВ В РЕГИОНАЛЬНЫХ
СИСТЕМАХ⁴****И.В. Наумов (Екатеринбург)**

Проектирование агент-ориентированной модели воспроизводства инвестиционного потенциала институциональных секторов в региональной системе является сложной задачей и предполагает детальное исследование процессов движения финансовых ресурсов между секторами финансовых и нефинансовых корпораций, государственного управления, домашних хозяйств и иностранных учреждений. Разработка такой модели требует знания тенденций формирования и использования инвестиционного потенциала данных секторов, а также особенностей их межрегиональных взаимосвязей в процессах движения инвестиционных ресурсов по различным финансовым инструментам, включая золото, иностранную валюту, депозиты, кредитование, долговые ценные бумаги, акции и др., требует учета влияния различных факторов внутренней и внешней среды.

На начальном этапе проектирования модели, имитирующей особенности формирования и использования инвестиционного потенциала институциональными секторами, а также их инвестиционные взаимосвязи как внутри территориальной системы, так и с внешней средой, мы предлагаем использовать методологию разработки балансовых (равновесных) моделей движения инвестиционных ресурсов между институциональными секторами. Данный методологический подход за счет использования базовых принципов Системы национальных счетов (СНС) позволяет наиболее точно отразить процессы движения инвестиционных ресурсов, выявить ключевые факторы-угрозы развития инвестиционного потенциала данных секторов и финансовой устойчивости территориальной системы в целом. Структура экономики в виде институциональных секторов, которые в нашей модели выступают в виде самостоятельных агентов, а также структура осуществляемых ими финансовых операций в инвестиционных целях используется не только методологией СНС, но и межотраслевого баланса, формирования Матриц социальных счетов (SAM). Базовым принципом, используемым в данных методологических подходах при отображении перемещений инвестиционных ресурсов, является принцип «двойной записи», согласно которому каждая финансовая операция отображаются по двум секторам одновременно, один из них осуществляет транзакцию, а другой – принимает. Данный принцип формирования балансовых (равновесных) моделей был заимствован нами при проектировании модели воспроизводства инвестиционного потенциала институциональных секторов. Более подробно методология формирования данной модели рассмотрена в наших ранних работах [1], [2].

Формирование балансовой модели движения инвестиционных ресурсов между институциональными секторами предлагается на основе систематизации данных бухгалтерской отчетности зарегистрированных на территории региона банков и других кредитных учреждений по форме №101. Использование данной информации при исследовании процессов воспроизводства инвестиционного потенциала обусловлено тем, что практически все операции нефинансовых корпораций, предприятий государственного сектора экономики, домашних хозяйств, страховых организаций, пенсионных фондов и инвестиционных компаний проводятся через банки и кредитные учреждения и отображаются в их оборотной ведомости бухгалтерского учета. В ней подробно отражены все процессы движения инвестиционных ресурсов по различным финансовым инструментам (инвестициям в монетарное золото, иностранную валюту, долговые ценные бумаги, акции, производные финансовые инструменты и т.д.). Процесс формирования данной модели представлен на рис. 1.

⁴Статья подготовлена при финансовой поддержке Гранта РФФИ №19-010-00660 «Сценарное проектирование модели воспроизводства инвестиционного потенциала институциональных секторов в региональной системе»

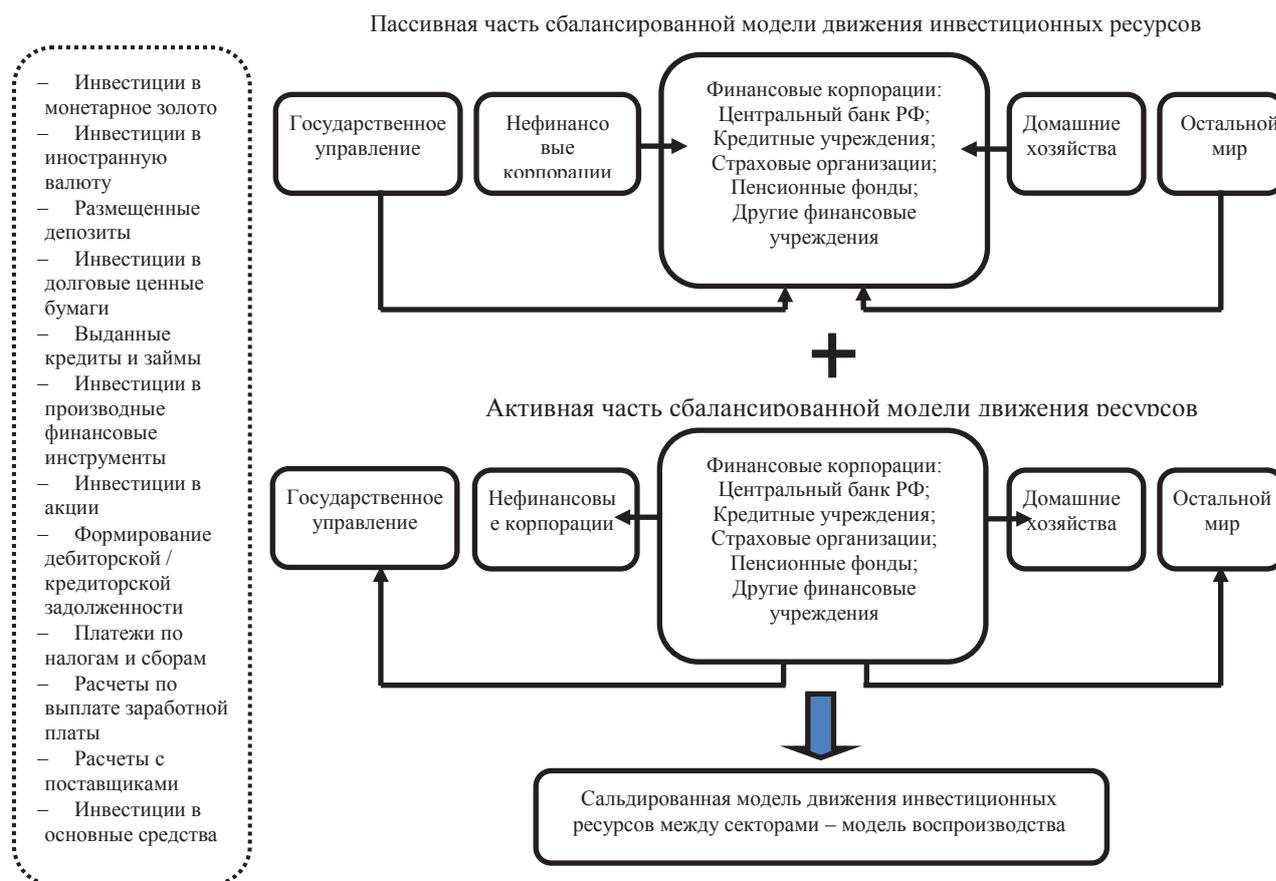


Рис. 1 – Модель воспроизводства инвестиционного потенциала институциональных секторов в региональной системе

Активная часть сбалансированной модели движения инвестиционных ресурсов раскрывает особенности формирования инвестиционного потенциала секторами нефинансовых корпораций, государственного управления, домашних хозяйств, остального мира и его использования сектором финансовых корпораций, а пассивная часть – особенности формирования инвестиционного потенциала финансовых учреждений. В результате такого отображения финансовых потоков по всем финансовым инструментам в формируемой модели балансируются не институциональные сектора сами по себе, то есть активная и пассивная части матрицы, а финансовые потоки между данными секторами. И в этом заключается основное отличие предлагаемого подхода к формированию балансовых моделей воспроизводства инвестиционного потенциала институциональных секторов. В результате такого подхода формируется замкнутая система движения финансовых потоков между секторами по различным финансовым инструментам. Одни институциональные сектора генерируют движение финансовых потоков, другие их принимают. Формируемая в результате сальдированная модель раскрывает особенности воспроизводства инвестиционного потенциала институциональных секторов во взаимосвязи друг с другом, позволяет оценить инвестиционные возможности сектора финансовых и нефинансовых корпораций, домашних хозяйств, государственного управления и зарубежных организаций, а также угрозы экономического развития рассматриваемых секторов в результате перемещения инвестиционных ресурсов между ними.

Для разработки агент-ориентированной модели воспроизводства инвестиционного потенциала необходимо создание полной характеристики рассматриваемых агентов (институциональных секторов), подробное отображение особенностей их инвестиционной деятельности. Сформированная за достаточно продолжительный период времени (с 1999 по 2018 гг.) пространственная модель движения инвестиционных ресурсов между институциональными

секторами по 84 субъектам РФ образует большой массив статистических данных («BigData»), достаточный для разработки агент-ориентированной модели.

Для формирования системы функциональных уравнений взаимосвязи институциональных секторов в процессах перемещения инвестиционных ресурсов, которая будет использоваться при разработке агент-ориентированной модели, предлагается использование корреляционного и множественного линейного /нелинейного регрессионного анализа. Поскольку центральным звеном в формируемой агент-ориентированной модели воспроизводства инвестиционного потенциала институциональных секторов являются финансовые корпорации, осуществляющие операции по управлению капиталом других секторов, их кредитованию, обслуживанию их финансовых операций, то и при проведении регрессионного анализа предлагается сначала исследовать функциональные зависимости институциональных секторов внутри сектора финансовых корпораций в процессах движения инвестиционных ресурсов по различным финансовым инструментам (между кредитными учреждениями, Центральным Банком РФ и другими инвестиционными финансовыми компаниями), а затем аналогичным образом установить регрессионные взаимосвязи между финансовыми корпорациями и другими секторами. В результате данного анализа должна сформироваться система регрессионных уравнений, описывающих взаимосвязи институциональных секторов по различным финансовым инструментам инвестиционной деятельности (табл. 1).

Для оценки влияния факторов внешней среды на инвестиционную деятельность институциональных секторов предлагается также использовать множественный регрессионный анализ по методу наименьших квадратов на основе панельных данных.

Секция 1.

Теоретические основы и методология имитационного и комплексного моделирования

Таблица 1 – Система регрессионных уравнений, характеризующих процессы движения инвестиционных ресурсов между институциональными секторами в региональной системе

Финансовые инструменты	Финансовые Корпорации (ФК)	Государственное управление (ГУ)	Нефинансовые корпорации (НК)	Домашние хозяйства (ДХ)	Остальной Мир (ОМ)
1. Вложения в Монетарное золото (МЗ)	$\Phi_{К_{МЗ}}=a+b_1*\Psi_{МЗ}+b_2*КУ_{МЗ}+b_3*ИФ_{К_{МЗ}}$	$ГУ_{МЗ}=a+b_1*\Phi_{К_{МЗ}}$	$НК_{МЗ}=a+b_1*\Phi_{К_{МЗ}}$	$ДХ_{МЗ}=a+b_1*\Phi_{К_{МЗ}}$	$ОМ_{МЗ}=a+b_1*\Phi_{К_{МЗ}}$
2. Инвестиции в наличную валюту (НВ)	$\Phi_{К_{НВ}}=a+b_1*\Psi_{НВ}+b_2*КУ_{НВ}+b_3*ИФ_{К_{НВ}}$	$ГУ_{НВ}=a+b_1*\Phi_{К_{НВ}}$	$НК_{НВ}=a+b_1*\Phi_{К_{НВ}}$	$ДХ_{НВ}=a+b_1*\Phi_{К_{НВ}}$	$ОМ_{НВ}=a+b_1*\Phi_{К_{НВ}}$
3. Размещенные депозиты (Д):					
- краткосрочные депозиты до 30 дней(Д1)	$\Phi_{К_{Д1}}=a+b_1*\Psi_{Д1}+b_2*КУ_{Д1}+b_3*ИФ_{К_{Д1}}$	$ГУ_{Д1}=a+b_1*\Phi_{К_{Д1}}$	$НК_{Д1}=a+b_1*\Phi_{К_{Д1}}$	$ДХ_{Д1}=a+b_1*\Phi_{К_{Д1}}$	$ОМ_{Д1}=a+b_1*\Phi_{К_{Д1}}$
- среднесрочные депозиты до 1 года (Д2)	$\Phi_{К_{Д2}}=a+b_1*\Psi_{Д2}+b_2*КУ_{Д2}+b_3*ИФ_{К_{Д2}}$	$ГУ_{Д2}=a+b_1*\Phi_{К_{Д2}}$	$НК_{Д2}=a+b_1*\Phi_{К_{Д2}}$	$ДХ_{Д2}=a+b_1*\Phi_{К_{Д2}}$	$ОМ_{Д2}=a+b_1*\Phi_{К_{Д2}}$
- среднесрочные депозиты от 1 до 3 лет (Д3)	$\Phi_{К_{Д3}}=a+b_1*\Psi_{Д3}+b_2*КУ_{Д3}+b_3*ИФ_{К_{Д3}}$	$ГУ_{Д3}=a+b_1*\Phi_{К_{Д3}}$	$НК_{Д3}=a+b_1*\Phi_{К_{Д3}}$	$ДХ_{Д3}=a+b_1*\Phi_{К_{Д3}}$	$ОМ_{Д3}=a+b_1*\Phi_{К_{Д3}}$
- долгосрочные депозиты свыше 3 лет (Д4)	$\Phi_{К_{Д4}}=a+b_1*\Psi_{Д4}+b_2*КУ_{Д4}+b_3*ИФ_{К_{Д4}}$	$ГУ_{Д4}=a+b_1*\Phi_{К_{Д4}}$	$НК_{Д4}=a+b_1*\Phi_{К_{Д4}}$	$ДХ_{Д4}=a+b_1*\Phi_{К_{Д4}}$	$ОМ_{Д4}=a+b_1*\Phi_{К_{Д4}}$
- депозиты до востребования (Д5)	$\Phi_{К_{Д5}}=a+b_1*\Psi_{Д5}+b_2*КУ_{Д5}+b_3*ИФ_{К_{Д5}}$	$ГУ_{Д5}=a+b_1*\Phi_{К_{Д5}}$	$НК_{Д5}=a+b_1*\Phi_{К_{Д5}}$	$ДХ_{Д5}=a+b_1*\Phi_{К_{Д5}}$	$ОМ_{Д5}=a+b_1*\Phi_{К_{Д5}}$
4. Инвестиции в ценные бумаги, кроме акций(Б):					
- имеющиеся в наличии для продажи (Б1)	$\Phi_{К_{Б1}}=a+b_1*\Psi_{Б1}+b_2*КУ_{Б1}+b_3*ИФ_{К_{Б1}}$	$ГУ_{Б1}=a+b_1*\Phi_{К_{Б1}}$	$НК_{Б1}=a+b_1*\Phi_{К_{Б1}}$	$ДХ_{Б1}=a+b_1*\Phi_{К_{Б1}}$	$ОМ_{Б1}=a+b_1*\Phi_{К_{Б1}}$
- со сроком погашения до 1 года (Б2)	$\Phi_{К_{Б2}}=a+b_1*\Psi_{Б2}+b_2*КУ_{Б2}+b_3*ИФ_{К_{Б2}}$	$ГУ_{Б2}=a+b_1*\Phi_{К_{Б2}}$	$НК_{Б2}=a+b_1*\Phi_{К_{Б2}}$	$ДХ_{Б2}=a+b_1*\Phi_{К_{Б2}}$	$ОМ_{Б2}=a+b_1*\Phi_{К_{Б2}}$
- со сроком погашения от 1 года до 3 лет (Б3)	$\Phi_{К_{Б3}}=a+b_1*\Psi_{Б3}+b_2*КУ_{Б3}+b_3*ИФ_{К_{Б3}}$	$ГУ_{Б3}=a+b_1*\Phi_{К_{Б3}}$	$НК_{Б3}=a+b_1*\Phi_{К_{Б3}}$	$ДХ_{Б3}=a+b_1*\Phi_{К_{Б3}}$	$ОМ_{Б3}=a+b_1*\Phi_{К_{Б3}}$

Секция 1.

**Теоретические основы и методология имитационного
и комплексного моделирования**

- до востребования (Б4)	$\Phi K_{Б4} = a + b_1 * ЦБ_{Б4} + b_2 * КУ_{Б4} + b_3 * ИФК_{Б4}$	$\Gamma Y_{Б4} = a + b_1 * \Phi K_{Б4}$	$НК_{Б4} = a + b_1 * \Phi K_{Б4}$	$ДХ_{Б4} = a + b_1 * \Phi K_{Б4}$	$ОМ_{Б4} = a + b_1 * \Phi K_{Б4}$
5. Выданные кредиты и займы (К):					
- до 30 дней (К1)	$\Phi K_{К1} = a + b_1 * ЦБ_{К1} + b_2 * КУ_{К1} + b_3 * ИФК_{К1}$	$\Gamma Y_{К1} = a + b_1 * \Phi K_{К1}$	$НК_{К1} = a + b_1 * \Phi K_{К1}$	$ДХ_{К1} = a + b_1 * \Phi K_{К1}$	$ОМ_{К1} = a + b_1 * \Phi K_{К1}$
- от 30 до 90 дней (К2)	$\Phi K_{К2} = a + b_1 * ЦБ_{К2} + b_2 * КУ_{К2} + b_3 * ИФК_{К2}$	$\Gamma Y_{К2} = a + b_1 * \Phi K_{К2}$	$НК_{К2} = a + b_1 * \Phi K_{К2}$	$ДХ_{К2} = a + b_1 * \Phi K_{К2}$	$ОМ_{К2} = a + b_1 * \Phi K_{К2}$
- на срок от 91 до 180 дней (К3)	$\Phi K_{К3} = a + b_1 * ЦБ_{К3} + b_2 * КУ_{К3} + b_3 * ИФК_{К3}$	$\Gamma Y_{К3} = a + b_1 * \Phi K_{К3}$	$НК_{К3} = a + b_1 * \Phi K_{К3}$	$ДХ_{К3} = a + b_1 * \Phi K_{К3}$	$ОМ_{К3} = a + b_1 * \Phi K_{К3}$
- на срок от 181 дня до 1 года (К4)	$\Phi K_{К4} = a + b_1 * ЦБ_{К4} + b_2 * КУ_{К4} + b_3 * ИФК_{К4}$	$\Gamma Y_{К4} = a + b_1 * \Phi K_{К4}$	$НК_{К4} = a + b_1 * \Phi K_{К4}$	$ДХ_{К4} = a + b_1 * \Phi K_{К4}$	$ОМ_{К4} = a + b_1 * \Phi K_{К4}$
- на срок от 1 года до 3 лет (К5)	$\Phi K_{К5} = a + b_1 * ЦБ_{К5} + b_2 * КУ_{К5} + b_3 * ИФК_{К5}$	$\Gamma Y_{К5} = a + b_1 * \Phi K_{К5}$	$НК_{К5} = a + b_1 * \Phi K_{К5}$	$ДХ_{К5} = a + b_1 * \Phi K_{К5}$	$ОМ_{К5} = a + b_1 * \Phi K_{К5}$
- свыше 3 лет (К6)	$\Phi K_{К6} = a + b_1 * ЦБ_{К6} + b_2 * КУ_{К6} + b_3 * ИФК_{К6}$	$\Gamma Y_{К6} = a + b_1 * \Phi K_{К6}$	$НК_{К6} = a + b_1 * \Phi K_{К6}$	$ДХ_{К6} = a + b_1 * \Phi K_{К6}$	$ОМ_{К6} = a + b_1 * \Phi K_{К6}$
- до востребования (К7)	$\Phi K_{К7} = a + b_1 * ЦБ_{К7} + b_2 * КУ_{К7} + b_3 * ИФК_{К7}$	$\Gamma Y_{К7} = a + b_1 * \Phi K_{К7}$	$НК_{К7} = a + b_1 * \Phi K_{К7}$	$ДХ_{К7} = a + b_1 * \Phi K_{К7}$	$ОМ_{К7} = a + b_1 * \Phi K_{К7}$
6. Инвестиции в производные финансовые инструменты (ПИ)	$\Phi K_{ПИ} = a + b_1 * КУ_{ПИ} + b_2 * ИФК_{ПИ}$	$\Gamma Y_{ПИ} = a + b_1 * \Phi K_{ПИ}$	$НК_{ПИ} = a + b_1 * \Phi K_{ПИ}$	$ДХ_{ПИ} = a + b_1 * \Phi K_{ПИ}$	$ОМ_{ПИ} = a + b_1 * \Phi K_{ПИ}$
7. Инвестиции в Акции (А)	$\Phi K_A = a + b_1 * КУ_A + b_2 * ИФК_A$	$\Gamma Y_A = a + b_1 * \Phi K_A$	$НК_A = a + b_1 * \Phi K_A$	$ДХ_A = a + b_1 * \Phi K_A$	$ОМ_A = a + b_1 * \Phi K_A$
8. Дебиторская задолженность (ДЗ)	$\Phi K_{ДЗ} = a + b_1 * КУ_{ДЗ} + b_2 * ИФК_{ДЗ}$	$\Gamma Y_{ДЗ} = a + b_1 * \Phi K_{ДЗ}$	$НК_{ДЗ} = a + b_1 * \Phi K_{ДЗ}$	$ДХ_{ДЗ} = a + b_1 * \Phi K_{ДЗ}$	$ОМ_{ДЗ} = a + b_1 * \Phi K_{ДЗ}$
9. Платежи по налогам и сборам (Н)	$\Phi K_H = a + b_1 * КУ_H + b_2 * ИФК_H$	$\Gamma Y_H = a + b_1 * \Phi K_H$	0	0	0

Секция 1. Теоретические основы и методология имитационного и комплексного моделирования

10. Оплата труда (ОТ)	$\Phi K_{OT} = a + b_1 * KU_{OT} + b_2 * ИФК_{OT}$	$ГУ_{OT} = a + b_1 * \Phi K_{OT}$	0	$ДХ_{OT} = a + b_1 * \Phi K_{OT}$	0
11. Расчеты с поставщиками (РП)	$\Phi K_{RP} = a + b_1 * KU_{RP} + b_2 * ИФК_{RP}$	$ГУ_{RP} = a + b_1 * \Phi K_{RP}$	$НК_{RP} = a + b_1 * \Phi K_{RP}$	$ДХ_{RP} = a + b_1 * \Phi K_{RP}$	$ОМ_{RP} = a + b_1 * \Phi K_{RP}$
12. Операции по основным средствам, имуществу, материальным ценностям (ОС)	$\Phi K_{OC} = a + b_1 * KU_{OC} + b_2 * ИФК_{OC}$	$ГУ_{OC} = a + b_1 * \Phi K_{OC}$	$НК_{OC} = a + b_1 * \Phi K_{OC}$	0	0

*Примечание:

КУ – кредитные учреждения; ЦБ – Центральный банк РФ; ИФК – инвестиционные финансовые компании

В ходе исследования предлагается установить и протестировать влияние на инвестиционную деятельность каждого институционального сектора таких факторов как: ключевая ставка рефинансирования, уровень инфляции, волатильности на финансовых рынках, котировок иностранной валюты, золота и других цветных металлов, биржевых индексов (ММВБ, РТС, государственных и корпоративных облигаций), а при исследовании инвестиционной активности сектора домашних хозяйств – и таких факторов как уровень доходов, безработицы, образования, размер валового регионального продукта на душу населения и др. Исследование влияния внешней среды и его моделирование является важным этапом построения агент-ориентированной модели, поскольку изменение данных факторов будет способствовать изменению и осуществляемой данными секторами инвестиционной деятельности, процессов воспроизводства их инвестиционного потенциала.

Важным аспектом при формировании агент-ориентированной модели воспроизводства инвестиционного потенциала является исследование пространственных особенностей перемещения инвестиционных ресурсов между институциональными секторами. Для исследования и моделирования межрегиональных взаимосвязей секторов в процессах перемещения инвестиционных ресурсов предлагается использовать инструменты пространственной автокорреляции и авторегрессии. Алгоритм исследования межрегиональных взаимосвязей представлен на рис. 2.



Рис.2 – Алгоритм исследования межрегиональных взаимосвязей в процессах воспроизводства инвестиционного потенциала институциональных секторов

При оценке межрегиональных взаимосвязей используются матрицы линейных расстояний, расстояний по автомобильным, железнодорожным магистралям, авиационным, речным сообщениям, между центрами территориальных систем или до их границ, наличие у территориальных систем общих границ, их протяженность и др. Помимо этого, на результаты исследования межрегиональных взаимосвязей влияет и тип используемой методики расчета

индексов пространственной автокорреляции. Использование интегрального показателя позволит избежать погрешностей в расчетах, объединить результаты, полученные при исследовании межтерриториальных взаимосвязей различными методиками и типами расстояний, и, тем самым, подтвердить наличие данных взаимосвязей. Анализ автокорреляционной взаимосвязи между институциональными секторами 84 субъектов РФ предлагается осуществлять с помощью диаграммы рассеивания Морана П. (рис. 3), которая позволяет распределить исследуемые региональные системы по четырем категориям (НН, НЛ, LL, LH) в зависимости от результатов инвестиционной деятельности институциональных секторов и их пространственной локализации.



Рис. 3 – Диаграмма рассеивания Морана П.

В каждой категории территориальных систем мы предлагаем выделять две подкатегории территорий в зависимости от тесноты пространственной автокорреляционной взаимосвязи. К территориальным системам с высокой, тесной пространственной взаимосвязью мы предлагаем относить территории, значение локального индекса автокорреляции которых находится выше среднего значения. Это позволит не только провести кластеризацию территорий, но и понять как они взаимосвязаны. Установленные межтерриториальные автокорреляционные взаимосвязи станут основой для построения пространственных авторегрессионных моделей взаимосвязи институциональных секторов в процессах перемещения инвестиционных ресурсов по различным финансовым инструментам. Формирование данных моделей будет осуществляться в программном продукте ArcGis с использованием методологии Морана П.

Полученные в ходе такого исследования функциональные уравнения пространственных взаимосвязей институциональных секторов (агентов) наряду с ранее смоделированной системой функциональных зависимостей, характеризующих процессы движения инвестиционных ресурсов между институциональными секторами в каждом регионе, а также смоделированным влиянием внешней среды на результаты инвестиционной деятельности данных секторов и сформируют каркас агент-ориентированной модели воспроизводства инвестиционного потенциала институциональных секторов.

Литература

1. Наумов И.В. Сценарное моделирование процессов движения финансовых потоков между институциональными секторами в региональной территориальной системе // Финансы: теория и практика. – 2018. – №1(22). – С. 32-49.
2. Наумов И.В. Теоретико-методологические основы сценарного подхода к моделированию матрицы финансовых потоков в региональной территориальной системе // Управленец. – 2017. – №3(67). – С. 8-17.
3. Anselin L. Spatial Econometrics: Methods and Models. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988. – 304 p.
4. Geary R. The contiguity ratio and statistical mapping // The Incorporated Statistician. – 1954. – №5. – Pp. 115–145.
5. Getis, A.; Ord, J.K. Local Spatial Statistics: An Overview. In Spatial Analysis: Modeling in a GIS Environment. – Cambridge, UK: John Wiley & Sons, 1996. – 277 p.
6. Moran P. The interpretation of statistical maps // Journal of the Royal Statistical Society. – 1948. – №10. – Pp. 243–251.