



МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 330.45:004.94

УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫМИ ПРОГРАММАМИ В АГЕНТНОЙ МОДЕЛИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

INVESTMENT PROGRAM MANAGEMENT IN AGENT MODEL OF EXPERIMENTAL ECONOMICS

А.Л. Машкова, О.А. Савина
A.L. Mashkova, O.A. Savina

*Приокский государственный университет, Россия, 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29.
Priokski State University, Orel, Naugorskoe shosse, 29, 302020, Russia.*

E-mail: aleks.savina@gmail.com, o.a.savina@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы математического моделирования и алгоритмизации процесса инвестирования экономических программ в агентной модели экспериментальной экономики. Предлагается система показателей эффективности инвестиционных проектов с точки зрения федеральной и региональной значимости и оценки их реализуемости. Инвесторы группируются в кластеры с точки зрения их отношения к инвестициям, вкладываемым в реализацию проекта: собственные, заемные коммерческие или государственные средства. Для отражения процесса инвестирования в агентной модели экспериментальной экономики строятся алгоритмы принятия решения с точки зрения различных групп инвесторов и общий алгоритм инвестирования проекта.

Resume. The article deals with mathematical modeling and algorithmization of investment process of economic programs in the agent based model of experimental economics. In introduction we justify the need to develop models of experimental economics based on agent approach and show the place of investment processes model in it. In section "Formulation of the problem" we introduce the main criteria for investment program evaluation, which are costs of financial resources and risk. In section "Mathematical model" we discuss the system of indicators of efficiency of investment projects in terms of federal and regional significance. Investors are grouped into clusters in terms of their relation to the investment made in the project: own, borrowed commercial or public funds. Section "Algorithmical realization" is dedicated to reflection of the process of investing in algorithms of agent model of experimental economics. In conclusion we set future goals, which are programming of the algorithm and experimental research.

Ключевые слова: агентное моделирование, модели экспериментальной экономики, принятие решений, инвестиционная программа, кластер.

Key words: agent model, model of experimental economics, decision making, investment program, cluster.

Введение

Разработка комплексных моделей экспериментальной экономики во многих случаях ставит своей конечной целью получение прогнозов последствий управляющих воздействий – реформ и программ развития – на социально-экономическую систему [Макаров, Бахтизин, 2013]. Отличительной особенностью агентного подхода, выбранного коллективом авторов, является тот факт, что он предоставляет возможность оценки результата управляющих воздействий как совокупности реакций на них отдельных людей. В такой модели поведение человека воспроизводится интеллектуальным агентом, имеющим связи с внешним миром, собственную меру осведомленности о происходящих в нем процессах, субъективные оценки своего положения и процедуры принятия экономических, социальных и политических решений.

В процессе работы коллектива уже были разработаны программные блоки, моделирующие процессы демографии [Машкова, Сарапкина, 2015] и миграции [Савина (Машкова), 2011], а также механизмы сбора и распределения налогов [Савина, Машкова, 2015]. Настоящая работа посвящена вопросам воспроизведения динамики экономических процессов в агентной модели экспериментальной экономики на основе механизмов инвестирования.

Инвестирование программ экономического развития происходит из многих источников, как частных, так и государственных, причем каждая из сторон должна учитывать интересы всех участни-



ков. Для отражения перечисленных характеристик предлагается модель процесса принятия решения экономическими агентами-инвесторами.

Постановка задачи

Задача инвесторов состоит в том, чтобы распределить имеющиеся в их распоряжении ресурсы между проектами программы, обеспечив при этом компромисс интересов инициатора проекта и привлеченных инвесторов [Машкова, 2014]. При этом интерес инвестора как экономического агента заключается в том, чтобы получить максимально возможный доход от вложения средств в проект, в то время как инициатор проекта стремится покрыть свою потребность в финансовых ресурсах за счет наиболее «дешевых» инвестиций, чтобы реализация проекта осталась для него экономически выгодным мероприятием. Компромисс двух групп экономических агентов достигается путем включения в инвестиционный процесс государства, которое в отличие от остальных экономических агентов обладает не только финансовыми средствами, но и инструментами непрямого финансирования, применяя которые государство осуществляет управление структурой привлеченных средств.

Оптимальная структура инвестирования экономической программы представляет собой такое распределение долей общей потребности финансирования программы среди экономических агентов-инвесторов, которое позволяет минимизировать общую стоимость привлечения средств инвесторов за счет предоставления мер государственной поддержки при условии удовлетворения интересов инвесторов, то есть обеспечения требуемого уровня эффективности. Таким образом, основными критериями оптимальности при принятии решения выступает – минимальная стоимость привлеченных ресурсов и соотношение доходность – риск при требуемом уровне эффективности.

Математическая модель

Первый этап построения модели процесса принятия решения экономическими агентами-инвесторами (рисунок 1) заключается в формировании характеристик альтернативных инвестиционных проектов. В рамках предложенной модели принятия решения предполагается, что каждый проект P_i характеризуется следующими пятью частными показателями эффективности: коммерческая эффективность проекта – P_1 ; бюджетная эффективность проекта – P_2 ; общественная эффективность проекта – P_3 ; региональная значимость проекта – P_4 ; федеральная значимость проекта – P_5 [Машкова, 2014; Савина, Машкова, Тарасова, 2013]. Очевидно, что значимость каждого из частных показателей эффективности для каждого инвестора неодинакова, однако каждый вид эффективности так или иначе влияет на интегральную эффективность проекта для каждого кластера инвесторов.

Модель позволяет с помощью выполнения поэтапного алгоритма действий, исходя из заданных принципов поведения участников инвестиционного процесса, оптимальным образом распределить имеющиеся в распоряжении инвесторов средства с учетом потребности в финансировании инвестиционной программы.

В модели учитывается, что процесс распределения средств зависит от ожидаемой интегральной эффективности проекта, которая должна превышать некоторое пороговое для каждого инвестора значение для принятия им положительного решения о вложении средств. При этом считается, что инвестор гарантированно получит ожидаемый эффект. Однако в реальных экономических условиях на процесс принятия инвестором решения о целесообразности вложения средств в конкретный инвестиционный проект влияет риск того, что инвестор не получит обещанный эффект, или получит его с нарушением срока или в меньшем объеме. Как правило, учитывая возможный уровень риска, инвестор закладывает его в стоимость своих средств, что в случае их привлечения приводит к существенному «удорожанию» инвестиционных проектов и делает их экономически невыгодным для инициатора мероприятием.

В предлагаемой модели риски учитываются в общей оценке реализуемости $r_i(i = \overline{1, n})$ каждого проекта $P_i(i = \overline{1, n})$. Таким образом, в целях приближения математической модели к реальным экономическим условиям показатели интегральной эффективности i -ого проекта корректируются с учетом оценочного критерия реализуемости проекта r_i . Скорректированная с учетом факторов риска оценка i -ого проекта, позволяет составить рейтинг проектов с учетом соотношения «эффективность-риск».



Рис. 1. Модель процесса принятия решения экономическими агентами-инвесторами
 Fig. 1. Model of decision making process by agents-investors



Возможные источники инвестирования, которые могут быть использованы при реализации экономической программы, разбиваются на кластеры инвесторов в зависимости от стоимости (S_k) привлечения их в проект. При этом считаем, что S_k представляет собой минимальную стоимость инвестиционного инструмента из доступных в каждом кластере. Учитывая разные условия финансирования, предлагается выделить следующие укрупненные кластерные группы инвестиционных средств [Савина, Машкова, Тарасова, 2013]. При необходимости в модели может быть выделено большее число кластерных групп.

1. Группа инвестиций K_1 – «собственные средства инициатора проекта». Данную группу могут составлять средства предприятий, в том числе материнской или дочерней организации. Средства первой группы характеризуются наименьшей стоимостью привлечения, но и максимальной ограниченностью. Стоимость собственных средств примем равной единице с учетом нулевой капитализации процентов.

2. Группа инвестиций K_2 – «бюджетные средства» включают в себя финансы федерального, областного и муниципального уровня финансовой системы. В зависимости от условий финансирования в данную группу могут быть включены государственные инвестиционные фонды. Выделение бюджетных средств на реализацию инновационных проектов реализуется через различные целевые программы государственного поддержки, программы долевого, грантового финансирования. Стоимость привлечения бюджетных средств для инициатора приравнивается к стоимости собственных средств и также составляет единицу, если участие государства в инвестиционной программе осуществляется на условиях софинансирования и является беспроцентным и безвозвратным. В случае привлечения бюджетных средств на других условиях, государство может рассматриваться как инвестор следующей кластерной группы.

3. Группа инвестиций K_3 – «средства негосударственных инвестиционных фондов». Как правило, инвестиционные фонды готовы предоставить инвестиционные ресурсы на более выгодных для инициатора условиях, чем банки или частные инвесторы. Это специализированные финансово-кредитные институты, имеющие свои формы и способы финансирования, поэтому они выделены в отдельный кластер и являются более приоритетными для инноватора, чем инвестиции кластерной группы K_4 . Средства инвестиционных фондов ограничены в объеме. Кроме того, нередко финансирование из средств инвестиционного фонда ограничивается его конкретной специализацией.

4. Группа инвестиций K_4 – в данную группу включены средства частных инвесторов, иностранных инвесторов, кредитных учреждений. Это группа инвесторов, средства которых не ограничены, но они являются наиболее «дорогими» для инициатора проекта и привлекаются в последнюю очередь, если не могут быть использованы средства групп $K_1 - K_3$. Стоимость заемных средств выражается в процентной ставке.

Алгоритмическая реализация

Реализация алгоритма долевого инвестирования экономической программы в агентной модели экспериментальной экономики опирается на следующие принципы поведения инвесторов [Машкова, 2014]:

1. Принципы поведения инвесторов кластера K_1
 - 1.1. При наличии возможности, в первую очередь, в максимальном объеме привлекаются государственные инвестиции или средства инвесторов кластера K_2 .
 - 1.2. При наличии достаточного количества собственных средств и полного покрытия потребности в финансировании из средств кластера K_2 проект финансируется из двух источников и не участвует в дальнейших шагах алгоритма.
 - 1.3. Если потребность в финансировании не покрыта из средств кластеров K_1 и K_2 , привлекаются средства инвесторов K_3 .
 - 1.4. Если привлечь K_3 не удастся из-за преодоления пороговой эффективности кластера K_3 , привлечь средства инвесторов K_4 .
2. Принципы поведения инвесторов кластера K_2
 - 2.1. Если проект относится к группе обеспечивающих выполнение других проектов или обладает значительной общественной эффективностью, федеральной или региональной значимостью, но интегральная эффективность для инвесторов других кластеров не превышает пороговое значение, то он финансируется полностью из средств K_2 .
 - 2.2. Если средства не исчерпаны полностью, то остальные проекты финансируются в порядке рейтинга их интегральной эффективности для данной группы инвесторов на условиях долевого софинансирования (потребность покрывается максимум на 50%).
 - 2.3. Если средства инвесторов кластера K_2 исчерпаны и потребность в финансировании не покрыта, то привлекаются средства инвесторов K_3 .
 - 2.4. Если привлечь K_3 не удастся, привлечь средства инвесторов K_4 .
3. Принципы поведения инвесторов кластера K_3



3.1. До полного истощения средств в соответствии с рейтингом проектов для данной группы инвесторов инвестировать средства в случае превышения порогового значения интегральной эффективности на долевых условиях. Инвесторы группы K_3 могут вложить в проект до 20% в зависимости от критерия реализуемости.

4. Принципы поведения инвесторов кластера K_4

4.1. Инвесторы кластера K_4 могут профинансировать все проекты при наличии гарантий или иных инструментов государственной поддержки, при этом стоимость привлеченных средств будет зависеть от критерия реализуемости проекта.

Заключение

Программная реализация представленного алгоритма позволит определить структуру финансирования экономической программы инвесторами разных кластеров в виде специального блока в агентной модели экспериментальной экономики. Моделирование правил принятия решения в процессе выбора инвестиционных альтернатив дает возможность адекватно отразить вклад всех участников инвестиционного процесса в реализацию экономических программ, максимально приближая поведение программных агентов к поведению реальных экономических агентов. При завершении программной реализации всех блоков агентной модели экспериментальной экономики разработанные механизмы позволят имитировать различные сценарии применения тех или иных мер государственной поддержки и формировать оптимальную структуру финансирования экономических программ.

Список литературы References

1. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р. 2013. Социальное моделирование – новый компьютерный прорыв (агент-ориентированные модели). М.: Экономика.
Makarov V.L., Bakhtizin A.R. 2013. Sotsial'noye modelirovaniye – novyy komp'yuternyy proryv (agent-oriyentirovannyye modeli). M.: Ekonomika.
2. Машкова А.Л. 2014. Анализ и моделирование правил принятия решений экономическими агентами в процессе выбора инвестиционных альтернатив В кн.: Состояние и перспективы развития экономики в условиях неопределенности: сборник статей Международной научно-практической конференции. Уфа: Аэтерна: 129-133.
Mashkova A.L. 2014. Analiz i modelirovaniye pravil prinyatiya resheniy ekonomicheskimi agentami v protsesse vybora investitsionnykh al'ternativ V kn.: Sostoyaniye i perspektivy razvitiya ekonomiki v usloviyakh neopredelennosti: sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ufa: Aeterna: 129-133.
3. Машкова А.Л., Сарапкина С.В. Оценка адекватности моделирования демографических процессов в вычислительной модели экспериментальной экономики на основе сравнения с ретроспективными данными. Международная научно-практическая интернет-конференция «Информационные системы и технологии-2015». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://youconf.ru/isit2015/materials/manager/view/421> (дата обращения: 19.05.2015).
Mashkova A.L., Sarapkina S.V. Otsenka adekvatnosti modelirovaniya demograficheskikh protsessov v vychislitel'noy modeli eksperimental'noy ekonomiki na osnove sravneniya s retrospektivnymi dannymi. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya internet-konferentsiya «Informatsionnyye sistemy i tekhnologii-2015». [Elektronnyy resurs]. - URL: <http://youconf.ru/isit2015/materials/manager/view/421> (data obrashcheniya: 19.05.2015).
4. Савина (Машкова) А.Л. 2011. Алгоритмические аспекты построения агентной модели миграционных потоков. В кн.: Имитационное моделирование. Теория и практика: Материалы Пятой Всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. Т.1. С-Пб.: ОАО «ЦТСС»: 260-264.
Savina (Mashkova) A.L. 2011. Algorithmic aspects of building an agent based model of migration flows. In the book : Simulation. Theory and Practice: Proceedings of the Fifth All-Russian scientific-practical conference on simulation and its application in science and industry. V.1. Saint-Petersburg : JSC «SSTC»: 260-264.
5. Савина О.А., Машкова А.Л. 2015. Агент-ориентированное моделирование политических процессов с учетом ограниченной рациональности избирателей. ИзвестияТулГУ. Экономические и юридические науки. Выпуск 3. Ч. I.: 356-364.
Savina O.A, Mashkova A.L. 2015. Agent-based modeling of political processes, taking into account the limited rationality of voters. IzvestiyaTulGU. Economic and legal science. Issue 3. Part I.: 356-364.
6. Савина О.А., Машкова А.Л., Тарасова Н.Ю. 2013. Оптимизация структуры инвестирования инновационного развития региона как фактор социально-экономической трансформации. Экономические и гуманитарные науки. №11(262): 27-34.
Savina O.A, Mashkova A.L, Tarasova N.Y. 2013. Optimization of structure of investment innovative development of the region as a factor of socio-economic transformation. Economic sciences and humanities. №11 (262): 27-34.