

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ КЛАСТЕРАМИ

Ширяев М.В., Лапаев Д.Н., Митяков С.Н., Яковлева Н.Н.

ФГБОУ ВПО «Нижегородский Государственный Технический Университет им. Р.Е.Алексеева», Нижний Новгород, Россия (603950, ГСП-41, Н.Новгород, ул. Минина, д. 24), e-mail: nntu@nntu.nnov.ru

В статье предложена методика многокритериальной оптимизации в задачах управления научно-образовательными производственными кластерами. Актуальность данного направления вызвана необходимостью повышения эффективности управления экономическими системами различных иерархических уровней в условиях роста глобальных вызовов и угроз. В работе рассмотрены основные понятия многокритериальной оптимизации, включая принципы доминирования и Парето. В качестве объекта исследования выбраны интегрированные научно-образовательные производственные кластера, направленные на решение задачи оптимизации использования и развития кадрового потенциала, научно-образовательной инфраструктуры вузов и предприятий, выработку согласованных решений по управлению инновационной деятельностью административно-территориальных образований. Рассмотрен один из вариантов подобных кластеров, включающий несколько вузов разного профиля и одно крупное градообразующее предприятие. Исследованы пять альтернатив в системе из трех показателей с позиций стейкхолдеров первого, второго и третьего уровней. Получено оптимальное решение посредством пересечения частных эффективных множеств.

Ключевые слова: многокритериальная оптимизация, научно-образовательные производственные кластеры, принцип Парето, стейкхолдер.

MULTICRITERIA OPTIMIZATION IN PROBLEMS OF MANAGEMENT OF SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL CLUSTERS

Shiryayev M.V., Lapaev D.N., Mityakov S.N., Yakovleva N.N.

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia, (603950, GSP- 41, Nizhniy Novgorod, Minin str., 24), e-mail: nntu@nntu.nnov.ru

The article describes the method of multicriteria optimization in the management of scientific and educational industrial clusters. The relevance of this area related to the need for improved governance of economic systems various hierarchical levels in the face of rising global challenges and threats. The paper discusses the basic concepts of multicriteria optimization, including the principles of dominance and Pareto. As the object of study selected integrated scientific and educational-production clusters are aimed at solving the problem of optimizing of Use and development of human potential, scientific and educational infrastructure of universities and enterprises, development of agreed decisions on management innovation of administrative-territorial formation. Consider one of the variants of such clusters, which includes several universities in different fields and one large enterprises. Considered five alternatives in the system of three indicators from the perspective of stakeholders of the first, second and third levels. Optimal solutions obtained by the intersection of effective sets.

Keywords: multicriteria optimization, scientific and educational industrial clusters, the Pareto principle, stakeholder.

В условиях резкого обострения геополитической ситуации, введения санкций против России, снижения мировых цен на энергоносители, экономика страны и ее регионов столкнулась с серьезными вызовами и угрозами. В связи с этим возникает необходимость скорейшей модернизации промышленности, развития механизмов импортозамещения, основанных на производстве инновационной продукции и внедрении новых технологий в промышленное производство. Намеченные в стране инновационные преобразования должны обеспечить устойчивое развитие России на длительную перспективу, создать благоприятные условия для роста конкурентоспособности экономики, повысить эффективность использования человеческого капитала, решить широкий спектр экологических и социальных проблем.

Вместе с тем инновационное развитие современной России осуществляется крайне медленно. «Анклавная» модель инновационного развития, предусматривающая концентрацию инновационной деятельности в отдельных локальных центрах, показала недостаточную результативность. Одним из последствий такой модели является рост дифференциации регионов и территориальных образований как по уровню инновационного развития, так и по уровню жизни населения. В связи этим центры инновационного развития в ближайшее время должны перемещаться в регионы.

Анализ показал наличие масштабных проблем, препятствующих инновационному росту отечественной экономики, среди которых существенное место занимает *эффективность управления* экономическими системами на различных иерархических уровнях.

Управлению социально-экономическими системами посвящено значительное количество научных работ в зарубежной и отечественной литературе. Существует большое количество публикаций, посвященных использованию количественных методов. В частности, в работах [2,3] авторами разработан методический инструментарий многокритериальной оценки развития экономических систем различных уровней управления.

В научной литературе, посвященной оценке эффективности принимаемых решений, рассматривается два класса задач: принятие решений с помощью единственного критерия и выбор предпочтительных решений посредством использования нескольких критериев [4,5].

При этом сравниваемые варианты называют *альтернативами*. В экономике под альтернативой понимают: отрасль, регион, предприятие, организацию, инвестиционный проект, бизнес-единицу и пр. Также альтернативой может являться один из сценариев развития ситуации.

Альтернатива может быть охарактеризована как количественно, так и качественно, при этом количественные значения при многокритериальном анализе часто не играют определяющую роль, важен порядок следования альтернатив по мере роста эффективности показателей. В процессе решения проблем оценки состояния систем, как правило, используются несколько показателей эффективности.

Применение множества показателей призвано повысить объективность итогового вывода. Однако наличие нескольких показателей существенно усложняет исследование экономического состояния сравниваемых альтернатив. Это объясняется присутствием противоречивых показателей, т.е. показателей, использование которых приводит к различным результатам анализа. Улучшение одного из применяемых показателей приводит к ухудшению других и оптимум по каждому из них достигается в разных точках. Указанное обстоятельство вносит значительную неопределенность в процедуру выбора. Становится затруднительно отобрать лучшую альтернативу, произвести ранжирование или упорядочение. Для решения

подобных задач требуется задействовать соответствующие принципы многокритериальной оптимизации.

При осуществлении многокритериальной оценки экономического состояния альтернатив изначально рекомендуется использовать *принцип доминирования*. Формулировка данного принципа следующая. Если из двух сравниваемых вариантов альтернатива S_1 не уступает по любому из показателей альтернативе S_2 и хотя бы по одному из показателей превосходит ее, то альтернатива S_1 доминирует над альтернативой S_2 . Применение принципа доминирования к совокупности рассматриваемых вариантов имеет целью исключение из дальнейшего рассмотрения альтернатив, заведомо проигрывающих остальным. Наряду с *доминирующими* и *доминируемыми* вариантами, существуют альтернативы, не находящиеся в отношении доминирования. Их принято называть *взаимно несравнимыми*.

На практике во многих случаях принцип доминирования не выполняется, и тогда к совокупности сравниваемых бизнес-единиц применяется *принцип Парето*.

Использование данного принципа для анализа вариантов позволяет сформировать *эффективное* или *оптимальное по Парето* множество. Альтернативы паретовского множества являются несравнимыми между собой и в равной мере могут выступать в качестве единственного оптимального решения. Бизнес-единицы $s_0 \in S$ называются *эффективными*, если не существует ни одной альтернативы $s \in S$ такой, что для всех показателей при любом i выполняется соотношение $K_i(s) \prec K_i(s_0)$, $i = \overline{1, I}$, и хотя бы для одного i указанное предпочтение является строгим, т.е. $K_i(s) \prec K_i(s_0)$.

Рассмотрим различные типы инновационных систем. Одним из подходов в повышении эффективности функционировании инновационной системы на базе административно-территориального образования (АТО) являются современные формы сетевого взаимодействия участников инновационного процесса. В настоящее время создаются новые формы такого взаимодействия на основе кластерного подхода с участием вузов, промышленных предприятий, администрации муниципального образования и других заинтересованных сторон (стейкхолдеров).

Известны различные типы кластеров. Производственный отраслевой кластер предполагает формирование на территории эффективной модели промышленного производства, базирующейся на использовании потенциала кооперационного взаимодействия крупных предприятий и предприятий малого производственного и научно-производственного бизнеса [1]. Научно-производственный кластер – форма кооперации организаций, обеспечивающих и осуществляющих целенаправленную деятельность по разработке, производству и продвижению высокотехнологичной продукции на внутренние и внешние рынки [6]. Научно-образовательные кластеры реализуют синтез науки, образования, производства и управление

всеми стадиями инновационного процесса – от подготовки кадров до реализации новых технологических решений и новых идей прогрессивного развития. Такие кластеры включают, кроме вузов, малые инновационные предприятия и, как правило, не взаимодействуют с крупными промышленными предприятиями [8]. Вместе с тем в России до 90 % инновационной продукции создается крупными предприятиями, интеграция которых с вузами пока невелика.

В связи с этим предлагается использование интегрированного научно-образовательного производственного кластера, включающего в себя все перечисленные элементы. Основной предпосылкой создания таких структур является необходимость формирования в рамках кластера единой технологической платформы региона на базе лучших мировых, в том числе инновационных технологий, что невозможно без участия организаций научно-образовательной сферы. Интегрированный научно-образовательный производственный кластер сводит воедино кадровый и технологический потенциалы промышленного региона. Кадровый потенциал формируется в образовательных учреждениях региона с использованием инструментов подготовки, переподготовки и аттестации кадров. Технологический потенциал объединяет основных участников инновационного процесса в регионе. Ключевым элементом такого кластера выступает крупный технический университет, имеющий значительный научно-образовательный и инновационный потенциал и отлаженные связи с промышленными предприятиями региона. В [7] представлены различные типы интегрированных научно-образовательных производственных кластеров, направленных на решение задачи оптимизации использования и развития кадрового потенциала, научно-образовательной инфраструктуры вузов и предприятий, выработку согласованных решений по управлению инновационной деятельностью АТО.

Рассмотрим один из вариантов подобных кластеров, включающий несколько вузов разного профиля и одно крупное градообразующее предприятие (рис. 1).

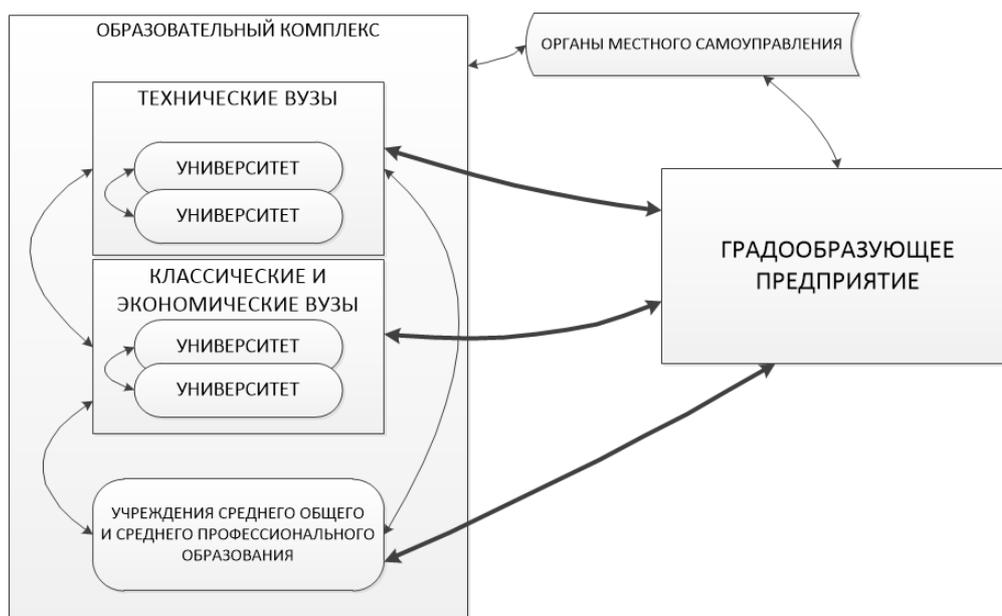


Рис. 1. Образовательно-производственный кластер 1

В идеале вузы должны ориентироваться на потребности предприятия и органов государственного и муниципального управления в специалистах различных областей. Кроме того, предприятие может привлекать научно-инновационный потенциал вуза для решения наукоемких задач производства, что в свою очередь способствует профессиональному росту научно-педагогических работников вуза, повышению их профессиональных компетенций. Специалисты предприятия также могут активно участвовать в учебном процессе, с одной стороны, и в повышении квалификации молодых специалистов, с другой. Предприятия совместно с администрацией АТО должны планировать деятельность вузов на несколько лет вперед, прогнозируя потребность кадров. Одной из важных задач управления в данном случае становится согласование между вузами структуры подготовки кадров.

Рассмотрим различные альтернативы, характеризующие разные варианты формирования кластера. В качестве заинтересованных сторон выступают вузы, предприятие, администрация АТО, а также представители населения (студенты, молодые специалисты и преподаватели). Каждый из стейкхолдеров имеет свои интересы, которые могут не совпадать. У каждого из вузов основная задача – получение доходов от образовательной деятельности, а также развитие человеческого капитала научно-педагогических кадров. Градообразующее предприятие заинтересовано, прежде всего, в обеспечении подготовленными кадрами различных специальностей, необходимых для непрерывного производственного цикла. Инновационно-активные предприятия ставят перед собой задачу повышения конкурентоспособности продукции, напрямую увязанную с ростом интеллектуального потенциала. Администрация АТО преследует цели повышения финансовой устойчивости района, роста социальной стабильности и инновационной активности предприятия. Население стремится к получению качественного образования и возможности трудоустройства и карьерного роста на предприятии.

В отсутствии высших учебных заведений (или их филиалов) в АТО все участники инновационного процесса имеют значительные затруднения в удовлетворении своих потребностей (альтернатива S_1). Возрастает отток человеческого капитала, растет локальная безработица, предприятия испытывают значительные производственные риски в связи с дефицитом кадров.

Если имеется только один вуз (альтернатива S_2), то задача управления упрощается. Однако при этом снижается надежность системы подготовки кадров, а в случае моноподготовки (например, экономистов), может усиливаться социальная напряженность, возрастать миграция и т.д. Фактически, этот вариант можно охарактеризовать как случай монополии со стороны вуза.

Следующая альтернатива S_3 – два вуза (дуополия). Например, один вуз дает подготовку в экономическом направлении, а второй – в технологическом. Это в некоторой степени диверсифицирует образовательную деятельность в АТО, снижая риски для градообразующего предприятия и частично улучшая социальную атмосферу в АТО.

При наличии трех вузов (олигополия) наилучшим вариантом управления является нахождение баланса интересов в использовании сравнительных преимуществ (альтернатива S_4). В отсутствие договоренностей (случай несовершенной конкуренции), в отличие от классической экономической теории, для ряда стейкхолдеров наблюдается ухудшение общей полезности. Например, вузы, конкурируя друг с другом и принимая студентов на схожие направления подготовки, неизбежно теряют прибыль из-за ограниченного контингента обучающихся (альтернатива S_5).

Основным стейкхолдером и интегрированным носителем интересов АТО в данной модели является администрация АТО, которая реализует функцию управления и согласования интересов участников. К стейкхолдерам второго уровня можно причислить предприятия и различные группы населения АТО. К стейкхолдерам третьего уровня относятся образовательные учреждения.

В общем случае интересы сторон характеризуются разными критериями. Рассмотрим систему критериев для стейкхолдеров первого уровня. Первым критерием (K_1) является сводный показатель, характеризующий финансово-экономическую эффективность (уровень доходов, собираемость налогов и т.д.). Вторым критерий (K_2) – сводный показатель, раскрывающий социальную эффективность системы (рабочие места, уровень жизни, миграция, безработица и т.д.). Третий критерий (K_3) – сводный показатель, характеризующий научно-инновационное развитие АТО.

Для группы стейкхолдеров второго уровня целесообразно использовать другие критерии эффективности: K_4 – цена обучения, K_5 – качество обучения, K_6 – трудоустройство сту-

дентов и преподавателей. Наконец, для группы стейкхолдеров третьего уровня (вузы) в качестве критериев эффективности рассмотрим следующие: К7 – уровень доходов, К8 – рост компетенций преподавателей и научных сотрудников, К9 – трудоустройство выпускников.

В табл. 1 содержатся альтернативы в порядке возрастания эффективности показателей для стейкхолдеров первого уровня.

Таблица 1

Показатели	Альтернативы				
К1	S ₁	S ₂	S ₅	S ₃	S ₄
К2	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
К3	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅

Решение задачи состоит в построении множества Парето. В данном случае, оптимальными величинам показателей характеризуются альтернативы S₄ и S₅. При этом вариант S₄ доминирует над прочими. В итоге множество Парето примет вид $M_{эф} = \{S_4, S_5\}$.

В табл. 2 содержатся альтернативы в порядке возрастания эффективности показателей для стейкхолдеров второго уровня.

Таблица 2

Показатели	Альтернативы				
К4	S ₂	S ₄	S ₃	S ₅	S ₁
К5	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
К6	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅

Здесь, оптимальные величины показателей имеют альтернативы S₁ и S₅. При этом вариант S₅ доминирует над прочими. В итоге множество Парето примет вид $M_{эф} = \{S_1, S_5\}$.

В табл. 3 содержатся альтернативы в порядке возрастания эффективности показателей для стейкхолдеров третьего уровня.

Таблица 3

Показатели	Альтернативы				
К7	S ₁	S ₅	S ₃	S ₄	S ₂
К8	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
К9	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅

Аналогично, для стейкхолдеров третьего уровня множество Парето примет вид $M_{эф} = \{S_2, S_4, S_5\}$.

Таким образом, учет интересов всех участников может быть достигнут посредством пересечения частных эффективных множеств. В данном случае оптимальным решением яв-

ляется альтернатива S_5 , что соответствует случаю совершенной конкуренции на рынке образовательных услуг. Вместе с тем в реальной ситуации число вузов должно быть ограничено имеющимися в АТО ресурсами.

Список литературы

1. Клейнер Г.Б. Синтез стратегии кластера на основе системно-интеграционной теории / Г.Б. Клейнер, Р.М. Качалов, Н.Б. Нагрудная // (режим доступа) <http://www.kleiner.ru>
2. Лапаев Д.Н., Митяков Е.С. Методика многокритериальной оценки экономической безопасности регионов России (на примере Приволжского федерального округа) // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. № 4. 2013. – С. 141-144.
3. Лапаев Д.Н. Методика многокритериальной оценки инновационного развития отраслей промышленности региона / Д.Н. Лапаев, О.Н. Лапаева, Ю.М. Максимов, Е.С. Митяков, О.И. Митякова // Экономика в промышленности. 2013. № 1. С. 90-96.
4. Лапаев Д.Н. Многокритериальное принятие решений в экономике: монография / Д.Н. Лапаев. – Н.Новгород, 2010.
5. Подиновский В.В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В.В. Подиновский, В.Д. Ногин. – М.: Наука, 1982.
6. Постановление Правительства РФ от 23.04.2010 №282. // (режим доступа) <http://www.ras.ru/presidium/documents/directions.aspx?page=3>
7. Развитие человеческого капитала в целях интеграции вузовской науки в национальную инновационную систему: монография / С.Н. Митяков, М.В. Ширяев, Н.Н. Яковлева; Нижегород. гос. тех. ун-т. им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2013. – 127 с.
8. Vanyurikhin G.I., Zakirov M.Z. Science-educational clusters and informational technologies: URL: <http://www.samupr.ru/msu-innovacii/nauchno-obrazovatelnye-klastery-i-informacionnye-technologii/>

Рецензенты:

Саксин А.Г., д.э.н., профессор кафедры «Экономика, финансы и статистика» Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, г. Нижний Новгород;

Волостнов Н.С., д.э.н., профессор кафедры экономики и менеджмента ФБОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта», г. Нижний Новгород.