

УДК 629.7:005.9

О некоторых актуальных задачах экономики и управления в ракетно-космической отрасли

On some topical problems of economics and management in the rocket and space industry

Обсуждаются актуальные проблемы экономики и управления в ракетно-космической отрасли, вытекающие из необходимости перехода на новую парадигму экономической теории. Рассмотрены две группы организационно-экономических инструментов управления проектами в ракетно-космической отрасли - приоритизация проектов на основе мнений экспертов и оценки рисков выполнения проектов в срок с помощью обобщенной аддитивно-мультипликативной модели, в которой неопределенности являются нечеткими или интервальными.

Actual problems of economics and management in the rocket and space industry, arising from the need to move to a new paradigm of economic theory, are discussed. Two groups of organizational and economic project management tools in the rocket and space industry are considered - prioritization of projects based on expert opinions and risk assessment of project implementation on time using a generalized additive-multiplicative model in which uncertainties are fuzzy or interval.

Ключевые слова: экономика, управление, ракетно-космическая отрасль, экономическая теория, проект, экспертные оценки, нечеткие числа, интервальные оценки, системная нечеткая интервальная математика.

Keywords: economics, management, rocket and space industry, economic theory, project, expert estimators, fuzzy numbers, interval estimates, system fuzzy interval mathematics.



ОРЛОВ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ

Профессор, д.э.н., д.т.н., к.ф.-м.н.,
МГТУ им. Н.Э. Баумана

ORLOV ALEKSANDER

Prof., Doctor of Economics, Doctor of Sciences in Engineering,
Ph.D (Physics and Mathematics), Bauman Moscow State
Technical University

Введение

Ракеты и полеты в космос – символы современности. Среди высокотехнологичных отраслей наиболее развитых в экономическом отношении стран современного мира (Китая, США, Индии, России), она является ведущей. Примерно 20% объема научной и образовательной деятельности ведущего технического вуза

нашей страны – МГТУ им. Н.Э. Баумана – связана с ракетно-космической отраслью. Это относится и к работе нашего научного коллектива. Сводка некоторых полученных нами научных результатов дана в монографии [1, с.158 - 254].

Обоснованные практические действия в области экономики и управления в ракетно-космической

отрасли должны опираться на экономическую теорию. Поэтому начнем с обсуждения современных теоретико-экономических проблем. Затем рассмотрим две конкретные области инструментария – установление приоритетов выполнения проектов на основе мнений экспертов и оценки рисков проектов с использованием аддитивно-мультипликативной модели.

Проблемы экономики и управления в ракетно-космической отрасли в сопоставлении с современным этапом развития экономической теории

Накопившийся опыт выполнения научных исследований в ракетно-космической отрасли привел нас к выводу о том, что адекватное решение проблем этой высокотехнологичной инновационной сферы народного хозяйства невозможно получить на основе использования устаревшего научного инструментария. Нужна новая парадигма экономической науки. Об этом говорят не только научные работники, но и государственные деятели. Прочитируем слова В.В. Путина: "Современная модель капитализма исчерпала себя как экономическая система... Мы будем руководствоваться идеологией здорового консерватизма" (Выступление В.В. Путина 21 октября 2021 года на пленарной сессии XVIII заседания Международного дискуссионного клуба «Валдай»). Поясним наше понимание этого положения. Для этого необходимо обсудить развитие экономической теории с момента ее зарождения и до настоящего времени. Цель такого обсуждения – выделить актуальные проблемы, которые предстоит решать в будущем, в частности, в течение ближайшего десятилетия.

Мы выделяем три основных этапа развития экономической науки: Аристотель – рыночная экономика – современность. Поясним диалектику развития экономической мысли.

В публикациях по истории развития экономической теории установлено, что ее основоположником, как и науки в целом, является Аристотель и его научная школа. Этот круг представлений будем называть «экономикой Аристотеля». Кратко опишем основные положения Аристотеля, используя современную терминологию.

Под экономикой он понимал науку о том, как управлять хозяйством с целью удовлетворения потребностей людей и общества. При этом Аристотель анализировал хозяйственные структуры различного масштаба. Начиная с управления домохозяйствами. Подробно

изучал предприятия, как городские (мастерские), так и сельские (фермы). Большое внимание уделял управлению хозяйством муниципальных образований (прежде всего городов-полисов), регионов (в его терминологии – сатрапиям), государств в целом. Надо подчеркнуть, что по Аристотелю организаторами хозяйственной деятельности, начиная с муниципального уровня, являются органы власти, проще говоря, государство. Весьма важно резко отрицательное отношение Аристотеля к т.н. хрематистике – распространенной и в настоящее время доктрине, согласно которой основная и единственная цель хозяйственной деятельности – получение выгоды (прибыли).

Экономическая теория, отражающая реалии хозяйственной деятельности и являющаяся ее осмыслением, в целом соответствовала научной концепции Аристотеля вплоть до XVIII в. Буржуазные революции привели к развитию и закреплению новых экономических отношений, а это, в свою очередь породило новую экономическую концепцию. В настоящее время она известна как «рыночная экономика». Это название не вполне адекватно, поскольку рыночные отношения существовали и ранее (при феодализме), и позже (при социализме).

Рыночная экономика является отрицанием концепции Аристотеля. Ее основные положения таковы.

Государство должно быть отстранено от активного участия в хозяйственной деятельности. По мнению сторонников рыночной экономики, оно должно быть не более чем «ночным сторожем», обеспечивающим порядок в общественной жизни. Как требуют рыночники и в настоящее время, государство должно уйти из экономики. Основное для успешного развития экономики – свободная конкуренция. Главными действующими лицами стали хрематистики, пользу которых резко отрицал Аристотель. Хрематистики считают целью экономической деятельности получение выгоды (например, прибыли). Вполне естественно, что приверженцы рыночной экономики поощряют деятельность в области финансовых спекуляций.

Отметим, что даже понимание самого термина «экономика» кардинально изменилось. С точки зрения рыночников концепция Аристотеля относится не к экономике, а к теории управления хозяйственной деятельностью, т.е. к менеджменту. Как следствие, менеджмент они рассматривали как вспомогательное направление, находящееся на периферии экономической науки.

С точки зрения диалектики можно сказать, что рыночная экономика – отрицание концепции Аристотеля. Как и следовало ожидать, следующий этап развития экономической науки – отрицание отрицания. В настоящее время реальная экономика является смешанной, она действует на основе сочетания плана и рынка.

Государственные деятели пришли к осознанию необходимости и полезности активного вмешательства властных структур в хозяйственную практику уже в последней четверти XIX в. Как писал американский профессор П. Друкер, 1873 г. – «конец эры либерализма – конец целого столетия, на протяжении которого политическим кредо была политика невмешательства в экономику» [15]. По нашей оценке, в центре мейн-стрима современной экономической науки лежит отрицание классической рыночной экономики XIX в., основанное на признании ее несостоятельности. Как выход из тупика, обосновывается необходимость перехода к системе управления экономикой на основе того или иного сочетания «плана» и «рынка».

В XX в. государственные властные структуры активно управляли хозяйственной жизнью во многих экономически развитых странах. Среди них назовем, прежде всего, США (отметим роль администрации президента Ф. Рузвельта во время «великой депрессии»), СССР, Германию. После Второй мировой войны государственные органы весьма активно управляли экономическими процессами в самых разных странах по всему Земному шару – в Китае, Индии, Японии, Сингапуре, Франции и т.д. Даже в наиболее «рыночной» стране – в США – доля государственного участия в экономике за XX в. выросла в 4 раза и достигла примерно одной трети [2, с.290]. (Под долей государственного участия в экономике страны понимаем отношение расходной части ее бюджета к валовому внутреннему продукту).

Английский экономист Дж. Кейнс выявил ведущее значение государства в хозяйственной практике, управлении экономической жизнью. Отметим, что научно-экономическим сообществом он признан одним из трех исследователей, внесших наибольший вклад в экономическую науку (вместе с Адамом Смитом и Карлом Марксом).

В XX в. стала заметна смена терминологии – вместо «рыночной экономики» стали говорить о «смешанной экономике».

Решаемые ракетно-космической отраслью техни-

ческие и управленческие задачи весьма сложны и объемны. Поэтому вполне естественно, что во всех странах государственные ресурсы и государственное управление – основа ее развития. Зачастую формально независимые коммерческие организации выполняют заказы государства, получают финансирование от государства, а потому фактически входят в государственные структуры, отличаясь от них лишь большей независимостью во внутреннем управлении.

Обсудим развитие и борьбу двух противоположностей (двух полюсов) в организации экономической жизни. Первая из них соответствует централизованной системе, действующей с целью удовлетворения потребностей всех членов общества. Вторая – конкурентная среда, позволяющая реализовать замыслы отдельных лиц (предпринимателей), которые стремятся к максимизации своей выгоды (прежде всего прибыли), не координируя свои действия. Сначала (во времена Аристотеля) преимущество было у первого полюса, затем, во времена классической рыночной экономики, на передний план вышел второй полюс, а в течение последних 150 лет два полюса органически взаимодействуют. Хотя роль первого полюса монотонно увеличивается, второй полюс необходим для обеспечения возможности реализации идей отдельных лиц, например, для развития инновационных стартапов, идущих от первоначальных идей до их промышленного воплощения.

Из сказанного следует, что взамен «рыночной экономики» необходима новая парадигма экономической теории. В качестве ее основы считаем целесообразным опираться на солидарную информационную экономику (СИЭ). Речь идет о базовой организационно-экономической теории, которую мы разрабатываем.

В понятии «солидарная информационная экономика» – три составляющие, соответствующие трем словам в ее названии. Экономикой понимаем по Аристотелю, согласно основной идее которого цель хозяйственной деятельности – удовлетворение потребностей людей и общества (а не получение выгоды, прибыли, как предлагают считать хрематистики, противники Аристотеля). Вторая составляющая, отраженная в прилагательном «информационная», указывает на концепцию цифровой экономики, основанной на современных информационно-коммуникационных технологиях, которые преобразуют средства производства революционным образом. Третья составляющая, выраженная прилагательным «солидарная», означает, что хозяй-

ственные отношения должны строиться на основе солидарности, взаимопомощи, а не конкуренции.

Теоретические основания СИЭ подробно раскрыты в монографии [3].

В последние годы в научно-экономическом мире обсуждают последствия развернутого внедрения современных информационно-коммуникационных технологий – цифровой экономики и технологий искусственного интеллекта. Считают, что речь идет о четвертой промышленной революции. Многочисленные отклики породили дискуссии на Давосском экономическом форуме в 2020 и 2021 гг. Популярна стала концепция «великой перезагрузки». Она была сформирована проф. К.Швабом, основателем Давосского форума. Полагают, что мир вступает в принципиально новый период развития. Он характеризуется новыми производственными отношениями, победа которых обусловлена бурным развитием новых производительных сил, которые обычно характеризуют как цифровые.

Эти идеи для нас не новы. Мы уже давно к ним пришли. С 2007 г. мы строим новую политэкономия, основную концепцию которой мы сначала называли «неформальная информационная экономика будущего», а затем стали использовать термин «солидарная информационная экономика (СИЭ)». Мы полагаем, что управление хозяйством следует вести на основе современных информационно-коммуникационных технологий. По нашему мнению, цифровая экономика – это и есть система управления хозяйством с помощью современных информационно-коммуникационных технологий [3]. Как примеры предтеч цифровой экономики рассматриваем проект ОГАС В.М. Глушкова (реализован частично в виде разнообразных АСУ) и систему КИБЕРСИН английского кибернетика Ст.Бира (применена в Чили). Наша основная идея состоит в том, что исходящая из современной трактовки идей Аристотеля концепция СИЭ является стержнем новой парадигмы экономической науки, идущей на смену «рыночной экономики».

Согласно современной теории управления в социально-экономической сфере (т.е. менеджмента) разработка, принятие и реализация управленческих решений осуществляется с учетом пяти групп факторов, а именно, социальных, технологических, экономических, экологических, политических. Экономическая наука изучает только одну из этих пяти групп факторов. Следовательно, экономику надо рассматривать как

часть менеджмента, понимаемого как наука об управлении людьми.

В СИЭ установлено, что развитие к настоящему времени теория принятия управленческих решений и информационно-коммуникационные технологии обеспечивают возможность проектирования, реализации и внедрения цифровой экономики, которая должна обеспечивать выявление потребностей людей и общества, а затем планирование производства с целью их удовлетворения. Как известно, одна из основных функций менеджмента на предприятии – прогнозирование и планирование. Здесь идет речь о реализации той же функции управления как, в отдельно взятой стране, так и в масштабах всей Земли. Для осуществления этой программы на современном уровне развития цифровых производительных сил требуется только воля руководства хозяйственной единицей (предприятия, региона, страны), обеспечивающая преобразование её системы управления. Из сказанного следует, что российское государство может и должно снова стать основным действующим лицом в экономике, последовать за большинством развитых и развивающихся стран.

Известно, что в рамках плановой системы управления экономикой удается реализовать любые рыночные отношения. Следовательно, «план» не менее эффективен, чем «рынок».

СИЭ возникла не на пустом месте. Как уже отмечалось, ее основными предшественниками являются Аристотель, В.М. Глушков, Ст. Бир. Близкие к СИЭ идеи развивали многие специалисты, как теоретики, так и практики. Упомянем в этой связи Френсиса Бэкона, Генри Форда, Карла Полањи. На современном этапе для развития СИЭ весьма важны теоретические разработки и практические результаты, достигнутые в Китайской народной республике. Как известно, она с 2014 г. является наиболее мощной в экономическом плане державой современности (с наибольшим в мире объемом валового внутреннего продукта, измеренного в сопоставимых ценах, т.е. на основе использования паритета покупательной способности).

Проведя развернутые расчеты, экономисты В.Пол Кокшотт и Аллин Ф.Коттрелл из Шотландии убедительно обосновали теоретическую возможность организации производства так, чтобы полностью удовлетворить потребности людей и общества. Эта задача решается в масштабах страны или человечества. Производство и распределение проводится путем непосредственного продуктообмена [5, 6]. Экономисты из Шотландии

выяснили, что для математического обеспечения оптимальных управленческих решений в рамках мирового хозяйства вполне достаточно мощностей стандартных современных компьютеров. Из сказанного следует, что в XXI в. нельзя согласиться с известной среди экономистов критикой Хайеком планового хозяйства. Он исходил из того, что в середине XX в. невозможно было провести расчет оптимального плана развития страны, используя имеющиеся в то время компьютеры. Следствием работ Пол Кокшотта и Аллин Коттрелла является утверждение о том, что Госплан СССР в принципе не мог организовать оптимальное планирование народного хозяйства нашей страны из-за недостатка вычислительных мощностей. Однако в настоящее время уже имеется принципиальная возможность выполнения такой работы.

Применительно к ракетно-космической отрасли концепция СИЭ раскрыта в докладе [4], а также в монографиях [1, 3].

Установление приоритетов проектов в ракетно-космической отрасли на основе оценок экспертов

От обсуждения методологических проблем перейдем к конкретным задачам экономики и управления в ракетно-космической отрасли (РКО). Начнем с рассмотрения методов анализа экспертных упорядочений с целью построения интегрального показателя приоритетности применительно к проектам в РКО.

Начальный этап – формирование перечня возможных объектов экспертизы. Затем устанавливаются приоритеты. Другими словами, проекты располагают в порядке предпочтения для реализации. Самый приоритетный проект реализуется первым. Затем приходит очередь второго, затем – третьего, и т.д.

Чтобы решить поставленную задачу, будем использовать методы сбора и анализа экспертных оценок [5]. Многообразию таких методов посвящена монография [16]. На предприятии (в организации) для выявления приоритетности проектов (в том числе НИОКР) приказом руководителя предприятия создают комиссию экспертов.

Рассмотрим два подхода к выявлению приоритетов экспертным путем [2]. В первом из них ответы экспертов – упорядочения (ранжировки) объектов экспертизы на основе опыта и интуиции. Во втором – формируют перечень факторов, дают экспертные оценки их выраженности, затем по этим оценкам вычисляют обобщенный показатель.

В первом подходе каждый эксперт представляет организаторам экспертизы упорядочение (нестрогое), т.е. – в терминах прикладной статистики – кластеризованную ранжировку. Она выражает его мнение, например, что седьмой объект экспертизы – лучший, первый следует за ним по приоритету, второй и пятый имеют одинаковый приоритет, за ними следует первый, и т.д.

Используют несколько способов расчета итогового мнения комиссии экспертов – исходя из анализа экспертных упорядочений [2]. Приведем сжатую информацию о них.

Система из трех методов исходит из таблицы рангов проектов или иных объектов экспертизы (ранг – это место в упорядоченном по возрастанию оценок экспертов). Сравнивают объекты экспертизы двумя способами – по величине средних арифметических рангов, а затем используя медианы рангов. Полученные две вспомогательные кластеризованные ранжировки дают два варианта обобщенного мнения экспертной комиссии. Упорядочения некоторых пар объектов экспертизы одинаковы для обоих вариантов. Как показывает наша обширная практика, таких пар большинство. Общая теория устойчивости [7] рекомендует обрабатывать одни и те же данные несколькими способами. Те заключения, которые оказываются одинаковыми при использовании различными способами, обычно соответствуют объективной приоритизации.

Но для некоторых пар объектов экспертизы упорядочения в двух указанных выше вариантах ранжирования могут оказаться различными. Поэтому строим согласующую ранжировку. В ней в кластеры заключены объекты экспертизы, упорядоченные по-разному в двух вариантах (или те, которые равноценны в обоих), а упорядочение объектов экспертизы и их кластеров отражает выводы, которые остаются прежними при смене варианта.

Правила получения согласующей ранжировки даны в теории сбора и анализа экспертных оценок [16]. Важно отметить, что описанный метод упорядочения объектов экспертизы имеет преимущества по сравнению с довольно известным методом Саати (анализа иерархий). Указанный метод не соответствует современной теории измерений, которая входит в статистику нечисловых данных [17]. У него есть и другие недостатки, прежде всего выявленные проф. В.В. Подиновским [6].

Альтернативный подход к нахождению итогового мнения экспертной комиссии – вычисление медианы Кемени экспертных упорядочений. Однако этот расчет

можно провести лишь с помощью соответствующего программного продукта, в то время как получение согласующей ранжировки не требует использования компьютеров.

Подчеркнем практическую пользу научного результата, который относится ко всем экономико-математическим методам и моделям, не только к проблеме приоритизации проектов. Согласно [7] имеющиеся у исследователя данные рекомендуем проанализировать с помощью нескольких методов. Близость полученных результатов дает основания полагать, что выводы соответствуют реальности. Если же результаты расчетов заметно отличаются, то на них нельзя опираться при принятии управленческих решений.

Второй подход к упорядочению объектов экспертизы состоит в сравнении значений некоторой функции, рассчитанной по значениям факторов, определенных для этих объектов. Вид функции определяют организаторы экспертизы. Таким образом, объекты упорядочиваются не непосредственно, как в первом подходе, а в результате процедуры, состоящей из трех шагов. На первом шаге эксперты оценивают значения факторов, соответствующих объекту экспертизы. Затем на втором шаге организаторы экспертизы вычисляют значение интегрального показателя. Наконец, на третьем шаге объекты экспертизы упорядочивают в соответствии со значениями интегрального показателя.

Процедура приоритизации начинается с разработки перечня факторов, значения которых определяют принимаемое решение. При практическом применении подхода на основе перечня факторов рабочей группе (т.е. организаторам экспертизы) следует пройти ряд этапов, на каждом из которых требуется решить соответствующую промежуточную задачу [16]. Кратко рассмотрим их.

А. На первом этапе для каждого фактора следует сложение значений различных факторов. В частности, нельзя использовать натуральные показатели. Например, из-за того, что сложение измерений в килограммах и денежных единицах не имеет смысла. Целесообразно использовать одну и ту же балльную шкалу для всех используемых в исследовании факторов. Подчеркнем, что согласно теории измерений баллы – это не натуральные числа, а измерения в порядковой шкале [2, 16].

Б. Сформировать систему факторов. Опишем рекомендуемую нами процедуру решения этой промежуточной задачи. Исходный набор факторов определ-

яет рабочая группа (организатор экспертизы). Например, в [2] разобран условный пример «Таня Смирнова выбирает место работы», в котором исходный набор состоит из 8 факторов. После выбора исходного набора факторов эксперты сначала расширяют исходное множество факторов, а потом сужают. Поясним подробнее. На первом этапе группа экспертов в ходе свободной дискуссии (например, в форме мозгового штурма [16]) расширяет множество факторов для того, чтобы путем включения новых факторов отразить их возможные влияния на результат упорядочения проектов. Как показывает наша практика, число факторов, как правило, увеличивается в несколько раз.

Затем на втором этапе решения рассматриваемой промежуточной задачи необходимо сузить полученное на первом этапе множество факторов до сравнительно небольшого числа факторов, достаточного для подготовки управленческого решения. По нашему мнению, целесообразно ограничиться 7-9 факторами. Для сужения множества факторов проводим вспомогательное экспертное исследование. В нем просим экспертов выбрать некоторое количество наиболее важных факторов. Число отобранных факторов должно быть не более указанной организатором экспертизы границ, например, не более 5. Экспертная комиссия принимает решение по правилу большинства. Это значит, что для дальнейшего использования отбираем факторы, за которые отданы голоса не менее половины экспертов. Рабочая группа может использовать и другие процедуры отсека малозначительных факторов.

Факторы с целью рациональной организации выполнения дальнейших этапов исследования рекомендуем организовать в виде иерархической системы, прежде всего, разделить на группы, например, группа профессиональных факторов и группа социальных факторов.

Как следует из сказанного, при планировании процедуры формирования системы факторов для использования в конкретной ситуации необходимо установить исходный перечень факторов и уровень отсека при сокращения числа параметров.

В. Соизмерить факторы по важности. При решении этой вспомогательной задачи для каждого фактора с помощью экспертов определяют соответствующий ему весовой коэффициент. Действуют по правилу – чем более заметное влияние оказывает фактор, тем выше его весовой коэффициент. Вполне естественным являются традиционные предположения о неотрицательности

весовых коэффициентов и о том, что их сумма по всем факторам равна 1.

Для определения весовых коэффициентов проводят вспомогательное экспертное исследование. Рекомендуем использовать иерархическую систему факторов, о которой шла речь при рассмотрении предыдущего пункта Б. Исследование проводим в три этапа. На первом опрашиваем экспертов с целью оценить веса групп фактором. На втором этапе эксперты оценивают веса факторов отдельно внутри каждой из выделенных организатором экспертизы групп. На третьем рабочая группа вычисляет итоговые веса факторов. Для этого вес группы умножается на вес фактора, входящего в эту группу.

Важно для практической реализации следующее замечание. Если интегральный показатель – линейная функция, то нет необходимости требовать, чтобы сумма весов была равна 1, поскольку, в частности, это дает возможность менять коэффициенты двух факторов, не обращая внимания на остальные.

Г. Для отобранных на предыдущих этапах факторов необходимо определить значения факторов для рассматриваемых объектов экспертизы. Очевидно, это должны делать эксперты, хорошо знакомые с этими объектами.

Отметим, что в рассматриваемой экспертной технологии необходимо привлекать экспертов двух отдельных групп. Первая группа работает с факторами для всех возможных объектов (см. пп. А, Б, В выше). Вторая анализирует конкретные объекты экспертизы (п. Г). На практике отдельные эксперты могут входить в обе группы.

Д. Выбрать вид интегрального (обобщенного) показателя.

Полученные при решении промежуточных задач А - Г экспертные оценки следует обработать с целью упорядочения объектов экспертизы на основе расчета интегрального показателя приоритетности проектов. Важно, что организаторы экспертизы могут выбрать различные алгоритмы расчетов. Можно порекомендовать использование взвешенных средних по Колмогорову и взвешенных медиан [2, 17].

Развитие аддитивно-мультипликативной модели оценки рисков проектов в ракетно-космической отрасли

Среди математических моделей исследования рисков важное место занимают аддитивно-мультипл-

икативные модели оценки рисков [10]. Для таких моделей будем использовать сокращение АММОР (по первым буквам полного названия). В АММОР используют трехступенчатые иерархические системы рисков, в которых по оценкам частных рисков определяют групповые оценки, а те в свою очередь объединяют в интересующую исследователя оценку общего риска. Такие модели ряд специалистов ракетно-космической отрасли использует в своих исследованиях.

Основные составляющие АММОР таковы:

1) трехступенчатая иерархическая система рисков (ее строят путем анализа рисков для конкретной прикладной ситуации на основе экспертных оценок);

2) оценки частных рисков (находят с помощью той или иной экспертной технологии для конкретного объекта экспертизы-проекта, продукта и т.п.);

3) показатели весомости (значимости, весомости, существенности, важности) конкретных видов частных рисков (их определяют на основе опроса экспертов в конкретной прикладной области);

4) алгоритмы вычисления оценок групповых рисков по оценкам частных рисков и оценки общего риска, исходя из оценок групповых рисков (по виду этих алгоритмов модели рассматриваемого типа получили свое название, так как в них групповые риски оцениваются путем сложения оценок частных рисков, т.е. аддитивно, а результирующая оценка общего риска находится мультипликативно по оценкам групповых рисков).

Создание АММОР для анализа конкретной ситуации начинается с построения трехуровневой иерархической системы рисков. После этого экспертным путем оценивают выраженность частных рисков.

АММОР может при применяться в самых разных областях, поскольку является общей, не привязанной к конкретным ситуациям. При этом она достаточно простая, следовательно, приспособлена для практических применений и ручных расчетов. Примеры ее применения подробно рассмотрены в монографиях [2, 16].

Модели рассматриваемого типа оказались полезными в ракетно-космической отрасли. С их помощью оценивают риск того, что проект по разработке ракетно-космической техники не будет выполнен в срок. Согласно отраслевой нормативной документации выделяют восемь последовательных этапов. Каждому этапу соответствует свой групповой риск, которому соответствует экспертно выделенные частные риски. По

всем 8 группам выделено 44 частных риска. Все они указаны в статье [11].

Базовый вариант АММОП, алгоритм расчетов и примеры применения рассмотрены в наших предыдущих работах [2, 11, 18]. Рассмотрим ее основные идеи, чтобы описать предлагаемые обобщения,

Пусть в трехуровневой иерархической системе рисков выделено m групп рисков.

Каждому частному риску соответствуют два показателя – выраженность (показывает, насколько риск значителен в рассматриваемой конкретной ситуации) и весомость (насколько частный риск влияет на групповой риск). Эти показатели должны быть оценены. Как и для оценки любой неопределенности, могут быть применены три разработанных к настоящему времени математических подхода – вероятностно-статистический, на основе статистики интервальных данных, с использованием теории нечеткости. В каждом из этих подходов определены операции умножения и сложения для используемых величин.

Через показатели выраженности и весомости частного риска его оценка вычисляется как их произведение. Оценка группового риска Q_i равна сумме оценок частных рисков, входящих в эту группу, $i = 1, 2, \dots, m$. Оценка общего риска Q через оценки групповых рисков определяется так:

$$Q = 1 - (1 - Q_1)(1 - Q_2) \dots (1 - Q_m) \quad (1)$$

Описанный алгоритм будем использовать и тогда, когда оценки частных рисков – интервальные или нечеткие. Оценки групповых рисков рассчитываются по оценкам частных рисков согласно аддитивной схеме, а оценка общего (итогового) риска выражается через оценки групповых рисков в соответствии с мультипликативной схемой (согласно формуле (1)).

Итоговая оценка общего риска Q , оценки групповых и частных рисков могут быть использованы для управления рисками.

Рассмотрим обобщения АММОП. В базовой модели (см. [2, 11] и др.) частные риски оценивались баллами 0, 1, 2, 3, 4, 5, а коэффициенты весомости – вещественными (действительными) числами. В настоящей статье мы предлагаем обобщение базовой модели, в которой:

- 1) используются различные системы баллов,
- 2) однозначные оценки выраженности и весомости частных рисков заменены их размытыми аналогами, а именно, являются нечеткими треугольными числами или интервальными числами.

Поясним. Ранее мы принимали, что оценки выраженности и весомости – действительные числа. Однако очевидно, что на практике эти значения определяются лишь с некоторой точностью, имеют погрешности, им свойственны неопределенности. В соответствии с теорией устойчивости математических методов и моделей [7] при оценке рисков целесообразно использовать алгоритмы, в которых вместо вещественных чисел исходная информация – это интервальные или нечеткие числа. Подход к разработке и апробации алгоритмов оценки размытости (погрешности) итоговых оценок общего риска на основе погрешностей оценок частных рисков и показателей весомости намечен в статье [12].

Для обеспечения возможности непосредственного использования АММОП в случае интервального или нечеткого описания выраженности и весомости частных рисков необходимо применять правила выполнения операций умножения и сложения над используемыми величинами.

В интервальной математике и статистике интервальных данных [2, 17] вместо действительных чисел используют интервалы (a, b) . Арифметические операции сложения и умножения над интервальными числами хорошо известны, в частности, приведены в указанных литературных источниках.

Нечеткие числа полностью описываются своими функциями принадлежности [2, 17]. Для разработки нечеткого варианта АММОП, на наш взгляд, достаточно ограничиться частным случаем нечетких чисел – треугольными. Рассмотрим основы соответствующего математического аппарата.

Нечеткие числа задаются тремя действительными (вещественными) числами $a \leq b \leq c$, для которых функция принадлежности нечеткого числа равна 0 левее a , линейно возрастает от 0 до 1 на отрезке $[a, b]$, линейно убывает от 1 до 0 на отрезке $[b, c]$ и равна 0 правее c . График функция принадлежности такого вида имеет вид треугольника (на интервале (a, c) , на котором функция принадлежности положительна) с вершинами в точках $(a, 0)$, $(b, 1)$ и $(c, 0)$, что и объясняет ее название. Таким образом, треугольное нечеткое число полностью описывается вектором (a, b, c) .

Сумма треугольных нечетких чисел (a_1, b_1, c_1) и (a_2, b_2, c_2) такова:

$$(a_1, b_1, c_1) + (a_2, b_2, c_2) = (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2) \quad (2)$$

Для неотрицательных вещественных чисел a_1 и a_2 произведение треугольных нечетких чисел (a_1, b_1, c_1)

и (a_2, b_2, c_2) имеет вид

$$(a_1, b_1, c_1) \times (a_2, b_2, c_2) = (a_1 a_2, b_1 b_2, c_1 c_2) \quad (3)$$

Из всех видов нечетких чисел для использования в аддитивно-мультипликативной модели выбраны треугольные нечеткие числа, поскольку они описываются небольшим числом параметров (тремя), а результаты арифметических операций над ними не выводят за пределы множества треугольных нечетких чисел. В рассматриваемых моделях оценки рисков могут быть использованы и нечеткие числа с другими функциями принадлежности, однако расчеты и интерпретация их результатов при этом заметно усложняются.

Отметим, что два использованных нами типа описания неопределенности связаны между собой: интервальное число (a, b) можно рассматривать как нечеткое число с функцией принадлежности, которая равна 0 левее a , равна 1 на отрезке $[a, b]$ и равна 0 правее b .

Таким образом, АММОП обобщена для случая описания неопределенностей частных рисков и коэффициентов весомости двумя способами – интервальными и треугольными нечеткими числами. Построение системы оценок частных рисков и коэффициентов весомости освобождено от излишних предположений, принятых в предыдущих работах [2, 11].

В качестве примеров практического использования предлагаемого математического аппарата в [12] рассмотрено применение предлагаемого подхода для численной оценки рисков реализации инновационных проектов (моделирование с помощью треугольных нечетких чисел) и рисков успешного выполнения проектов по разработке ракетно-космической техники (моделирование с помощью интервальных чисел).

Развитый в настоящей статье подход соответствует основным положениям теории устойчивости матема-

тических моделей реальных явлений и процессов [7] и результатам системной нечеткой интервальной математики [13, 14]. Описанная выше обобщенная АММОП на основе нечетких и интервальных исходных данных может успешно применяться в различных прикладных областях для оценки рисков и управления ими.

Заключение

В настоящей статье показано, что для решения проблем ракетно-космической отрасли необходима новая парадигма экономической науки. Прослеживаем смену таких парадигм: Аристотель – рыночная экономика – современная смешанная (планово-рыночная) экономика. Солидарную информационную экономику предлагаем в качестве основы новой парадигмы экономической науки. Представлена суть этого нового научного направления, кратко рассказано о ее развитии.

Мы предлагаем два подхода к приоритизации инновационных проектов (в частности, НИОКР). Их суть раскрыта в соответствующем разделе настоящей статьи.

Аддитивно-мультипликативная модель оценки рисков проектов обобщена для случая описания неопределенностей частных рисков и коэффициентов весомости интервальными и треугольными нечеткими числами. Построение системы оценок частных рисков и коэффициентов весомости освобождено от излишних предположений, принятых в предыдущих работах автора. Обобщенная аддитивно-мультипликативная модель оценки рисков на основе нечетких и интервальных исходных данных может успешно применяться в различных прикладных областях для оценки рисков и управления ими.

Список литературы

1. Орлов А.И., Луценко Е.В., Лойко В.И. Организационно-экономическое, математическое и программное обеспечение контроллинга, инноваций и менеджмента: монография / под общ. ред. С. Г. Фалько. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 600 с.
2. Орлов А.И. Теория принятия решений. – М.: Ай Пи Ар Медиа, 2022. – 826 с.
3. Лойко В.И., Луценко Е.В., Орлов А.И. Современная цифровая экономика. – Краснодар: КубГАУ, 2018. – 508 с.
4. Орлов А.И. Аристотель и ракетно-космическая отрасль: к 60-летию полета в космос Юрия Алексеевича Гагарина // Актуальные проблемы глобальных исследований: глобальное развитие и пределы роста в XXI веке. Сб. статей VII Международной научной конференции, 15 – 18 июня 2021 г. / под ред. И.В. Ильина. – М.: МОСИПНН Н.Д.Кондратьева, 2021. – С. 328-335.

5. Орлов А.И., Цисарский А.Д. Определение приоритетности реализации НИОКР на предприятиях ракетно-космической отрасли // Контроллинг. 2020. № 2(76). С. 58-65.
6. Подиновский В.В. Идеи и методы теории важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений. – М.: Наука, 2019. – 103 с.
7. Орлов А.И. Устойчивые экономико-математические методы и модели : монография. – М.: Ай Пи Ар Медиа, 2022. – 337 с.
8. Карминский А.М. Кредитные рейтинги и их моделирование. – М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2015. – 304 с.
9. Муравьева В.С., Орлов А.И. Применение теории принятия решений при разработке сложных технических систем (Обобщающая статья) // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2022. Т.88. № 3. С. 61-72.
10. Орлов А.И. Математические методы исследования рисков (обобщающая статья) // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2021. Т.87. № 11. С. 70-80.
11. Орлов А.И., Цисарский А.Д. Особенности оценки рисков при создании ракетно-космической техники // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2013. №43(232). С. 37 – 46.
12. Орлов А.И. Нечеткие и интервальные аддитивно-мультипликативные модели оценки рисков // Научный журнал КубГАУ. 2022. №177. С. 333 – 356.
13. Орлов А.И., Луценко Е.В. Системная нечеткая интервальная математика. Монография (научное издание). – Краснодар, КубГАУ. 2014. – 600 с.
14. Орлов А.И., Луценко Е.В. Анализ данных, информации и знаний в системной нечеткой интервальной математике: научная монография. – Краснодар: КубГАУ, 2022. – 405 с.
15. Друкер П.Ф. Новые реальности в правительстве и политике, в экономике и бизнесе, в обществе и мировоззрении. Пер. с англ. - М.: Бук Чембер Интернэшнл, 1994. - 380 с.
16. Орлов А.И. Искусственный интеллект: экспертные оценки: учебник. – М.: Ай Пи Ар Медиа, 2022. – 436 с.
17. Орлов А.И. Искусственный интеллект: нечисловая статистика: учебник. – М.: Ай Пи Ар Медиа, 2022. – 446 с.
18. Орлов А.И. Аддитивно-мультипликативная модель оценки рисков при создании ракетно-космической техники / Научный журнал КубГАУ. 2014. №102 С. 78–111.

List of literature

1. Orlov A.I., Lutsenko E.V., Loiko V.I. Organizational-economic, mathematical and software support for controlling, innovation and management: monograph / ed. S. G. Falko. - Krasnodar: KubGAU, 2016. - 600 p.
2. Orlov A.I. Theory of decision making. - M.: AI Pi Ar Media, 2022. - 826 p.
3. Loiko V.I., Lutsenko E.V., Orlov A.I. Modern digital economy. - Krasnodar: KubGAU, 2018. - 508 p.
4. Orlov A.I. Aristotle and the rocket and space industry: on the 60th anniversary of the flight into space of Yuri Alekseevich Gagarin // Actual problems of global research: global development and growth limits in the XXI century. Digest of articles of the VII International Scientific Conference, June 15 - 18, 2021 / ed. I.V. Ilyin. - M.: MOOSIPNN N.D. Kondratiev, 2021. - P. 328-335.
5. Orlov A.I., Tsisarsky A.D. Determining the priority of R&D implementation at the enterprises of the rocket and space industry // Controlling. 2020. N 2(76). P. 58-65.
6. Podinovskiy V.V. Ideas and methods of the theory of the importance of criteria in multi-criteria decision-making problems. - M. : Science, 2019. - 103 p.
7. Orlov A.I. Sustainable economic and mathematical methods and models: monograph. - M.: AI Pi Ar Media, 2022. - 337 p.
8. Karminsky A.M. Credit ratings and their modeling. - M.: Ed. house of the Higher School of Economics, 2015. - 304 p.
9. Muravyeva V.S., Orlov A.I. Application of the theory of decision making in the development of complex technical systems (generalizing

- article) // Industrial laboratory. Diagnostics of Materials. 2022. V.88. N 3. P. 61-72.
10. Orlov A.I. Mathematical methods for risk research (generalizing article) // Industrial laboratory. Diagnostics of Materials. 2021. V.87. N 11. P. 70-80.
11. Orlov A.I., Tsisarsky A.D. Features of risk estimation for creating rocket and space technology // National interests: priorities and safety. 2013. N 43(232). P. 37 - 46.
12. Orlov A.I. Fuzzy and interval additive-multiplicative models of risk estimation // Scientific journal of KubSAU. 2022. N 177. P. 333 - 356.
13. Orlov A.I., Lutsenko E.V. System fuzzy interval mathematics. Monograph (scientific edition). - Krasnodar, KubGAU. 2014. - 600 p.
14. Orlov A.I., Lutsenko E.V. Analysis of data, information and knowledge in systemic fuzzy interval mathematics: scientific monograph. - Krasnodar: KubGAU, 2022. - 405 p.
15. Drucker P.F. New realities in government and politics, in economics and business, in society and worldview. Translation from English. - M.: Book Chamber International, 1994. - 380 p.
16. Orlov A.I. Artificial intelligence: expert estimation: textbook. - M.: AI Pi Ar Media, 2022. - 436 p.
17. Orlov A.I. Artificial intelligence: non-numeric statistics: textbook. - M.: AI Pi Ar Media, 2022. - 446 p.
18. Orlov A.I. Additive-multiplicative model for risk estimation in the production of rocket and space technology // Scientific journal of KubSAU. 2014. N 102. P. 78-111.