

УДК 004.94.378

ЛАВРИЧЕНКО О. В., ОАО «Концерн Моринформсистема-Агат»

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ИНТЕГРАЛШОКЕПРИПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ В ТЕОРИИ ЭКОНОМИКИ АКТИВНОГО КОННЕКТА

Рассмотрены основы авторской теории экономики активного коннекта. Обоснована необходимость снижения действия антропогенных факторов на эффективность использования аддитивных моделей и алгоритмов при принятии решений. Показана необходимость экономного антропогенных сукцессий в рамках концепции сбалансированного распределения инновационных ресурсов промышленных предприятий между объектами инноваций. Исследованы существующие подходы к задаче оптимизации интеграла Шоке и возможности его применения при принятии решений, направленных на устранение диспаритета в распределении инновационных ресурсов между объектами инноваций.

Author is considered the basics of the economic theory of the active connect as well as the necessity of reducing the action of anthropogenic factors on the effectiveness of additive models and decision-making algorithms is provided. The study analyzed the necessity economic valuation of the anthropogenic successions within the concept of a balanced distribution of the industrial enterprises innovative resources. In article is considered that the existing approaches to the problem of optimizing Choque integral and its application in decision-making to address the disparity in the distribution of innovative resources between objects of innovation

Информационные и когнитивные технологии входят в перечень критических технологий современной науки и техники. К информационным технологиям относятся и инновационные самоорганизующиеся бизнесобразующие технологии (ИСБОТ), являющиеся эндогенной основой авторской научной концепции сбалансированного распределения инновационных ресурсов предприятий между объектами инноваций.

Простые инновационные бизнесобразующие технологии были рассмотрены нами в ранее опубликованных работах [1]. Идеальная инновационная бизнесобразующая технология – это самосовершенствующийся «цифровой организм», интерактивная модель процесса реализации инновационной стратегии развития.

Целью данной работы было построение и анализ методов решения многокритериальных задач оптимизации сбалансированного распределения инновационных ресурсов предприятий между объектами инноваций в приложении к задачам системного анализа посредством поиска экстремальных значений интеграла Шоке. С практической точки зрения это обеспечивает дополнительные возможности про-

ектирования информационных систем, в том числе с элементами искусственного интеллекта, с применением неаддитивных интегралов.

Основы авторской теории экономики активного коннекта

В современных условиях экономического развития России, характеризующихся усилением санкционных мер со стороны стран ЕС и США, особую роль приобретают технологии более высокого уровня – уровня самоорганизации. Характерной чертой ИСБОТ является капитализация интеллектуального «сырья» в виде идей и действий, которые необходимо совершить для получения (обеспечения) новых инноваций или нового знания. Иными словами, они призваны не только отвечать на вопросы, но и формировать их, отправляя «импульсы» организаторам инновационных процессов на предприятиях. Участники, включенные в процесс реализации инновационных стратегий развития, совместно принимают решения, а также вносят необходимые изменения в тот раздел инновационных бизнесобразующих технологий, за которые они отвечают. Таким образом, за счет обмена информацией

происходит принятие скоординированных управленческих или иных решений. В общем случае ИСБОТ как средство корпоративного общения и технологии обмена информацией способны создавать новое знание постоянно и притом в полуавтоматическом режиме.

В ИСБОТ отражены все возможные модели и алгоритмы действий по созданию объектов инноваций, их брендингу, производству и выводу на рынок. То есть, это системообразующий многоуровневый гипертекст, заключенный в форму четкой и понятной интерактивной инструкции, допускающей однозначную реализацию в виде программных средств для ЭВМ.

Новая экономика – это не просто экономика информации или экономика коммуникаций (от английского communication – делаю общим, контакт, связь, то есть подразумевает линии как материального, так и информационного обеспечения того или иного объекта). Это уже экономика коннекта (connect в переводе с английского означает соединять, устанавливать взаимоотношения, налаживать контакты, связываться, соединяться, ассоциировать, то есть ставить в причинную связь, быть согласованными, устанавливать непосредственную связь и т. д.) [2].

Таким образом, концепция ИСБОТ потребовала от нас исследования не только в нетрадиционном для экономики направлении, но и выявила необходимость разработки нового направления как самостоятельной области экономических знаний – экономической теории активного коннекта (эконоконнекта).

Теория экономики активного коннекта – это целостная, развивающаяся система знаний, исследующая хозяйственную деятельность человека. При этом предусматривается широкое применение информационных и когнитивных технологий в процессах производства, распределения и потребления общественных благ, информационного обеспечения социально-экономических процессов.

Новизна авторского подхода заключается в необходимости учета транзакционных издержек длительности и интенсивности информационного активного коннекта между сотрудниками всех уровней и на всех итерациях (этапах) процесса реализации интеграционной модели на основе ИСБОТ. Источник этих

транзакционных издержек – асимметричность информационного активного коннекта между разработчиками интеграционной модели и ее реализаторами.

Поэтому, на наш взгляд, задачи принятия решений для сбалансированного распределения инновационных ресурсов между объектами инноваций, перспективно рассматривать с применением методов поиска экстремальных значений интеграла Шоке.

Интеграл Шоке в задачах принятия решений

Существующие подходы к задаче оптимизации экстремальных значений интеграла Шоке в современных исследованиях.

До настоящего времени основная часть исследований по данному вопросу была посвящена решению многокритериальных версий задач комбинаторной оптимизации. Так, например, в статье Галанда Л. и его коллег [3] рассматриваются задачи использования минимального покрывающего дерева в поисках кратчайшего пути на графах, где каждое ребро имеет несколько весов. Получающееся в результате дерево (путь) характеризуется некоторым вектором. Для того, чтобы выбрать из различных вариантов наилучший, авторы предлагают использовать интеграл Шоке для агрегации таких векторов в интегральные оценки. Таким образом, постановка задачи соответствует минимизации интеграла Шоке на дискретном множестве. Для уменьшения объема вычислений авторы предлагают использовать метод ветвей и границ, в котором верхняя грань вычисляется с помощью следующего свойства:

$$C(v, f) \leq \langle p, f \rangle, p \in \text{Core}(\bar{v}) \quad (1)$$

где $C(v, f)$ – интеграл Шоке по некоторой емкости $v, f = \{f_1, \dots, f_n\}$ – функции весов, \bar{v} – емкость, сопряженная к v , то есть $\bar{v}(A) = 1 - v\left(\frac{N}{A}\right)$, $\forall A \subset N$; и $\text{Core}(\bar{v})$ – ядро, которое (как уже было упомянуто ранее) определяется как множество вероятностей p таких, что $p(A) \geq v(A)$; $\forall A \in 2^N$; $p(N) = v(N)$. Емкостью авторы называют неаддитивную меру v на 2^S .

Авторы рассматривают только случай 2-чередующейся (субмодулярной) емкости (т. е. $v(A \cup B) + v(A \cap B) \leq v(A) + v(B) \forall A, B \subset N$).

Расширение данного подхода было предложено Дюбуа Д. и его коллегами [4], которые представили метод вычисления нижней границы без введения предположения о субмодулярности емкости и продемонстрировали его применение к многокритериальной задаче о кратчайшем пути на графе. Еще одно приложение интеграла Шоке в задачах комбинаторной оптимизации было представлено Тимониным М. [5], которые своей целью ставили нахождение подмножества допустимого множества, на котором значение интеграла Шоке лежит в некоторой заданной области вариантов:

$$C(v, f(z)) \in [y_l, y^h]$$

Анализ вышеприведенных подходов к решению задач оптимизации экстремальных значений интеграла Шоке показал, что главными их недостатками являются следующие: игнорирование предположений о характере емкости; слабая агрегация произвольных вогнутых функций ценности; невозможность их применения к задаче робастного программирования для случая, когда предпочтения лиц, принимающих решения, не позволяют однозначно определить выбор среди существующих вариантов распределения инновационных ресурсов предприятия (организации) между объектами инноваций.

Эти недостатки и обуславливают использование нами нового подхода к задачам комбинаторной оптимизации на основе метода экстремальных значений интеграла Шоке, так как он позволяет преодолеть разницу между индивидуальными и коллективными методами принятия решений. Это обеспечивается в дистанционной форме – за счет использования информационно-коммуникационных технологий для обеспечения «коннективности» сферы управления инновационными ресурсами предприятий и организаций.

Авторский метод поиска экстремальных значений интеграла Шоке и его применение в задачах принятия решений

Фундаментальным вопросом теории экономики активного коннекта является задача построения корректного отображения бинарных отношений (т. н. «предпочтений») при выборе инновационных ресурсов предприятия на некотором абстрактном множестве возмож-

ных объектов инноваций среди элементов множества « \mathbf{R} ». Математически данная задача может быть сформулирована как задача построения гомоморфизма между структурой, состоящей из абстрактного множества « \mathbf{X} »; некоторого «числа отношений» на этом множестве, а также структуры, состоящей из подмножеств множества действительных чисел « \mathbf{R} », и привычных отношений, таких как «+» и др.

Решение данной задачи опирается на два основных класса теорем. Утверждения теорем представимости связывают определенные фундаментальные характеристики исходной структуры с принципиальной возможностью построения гомоморфизма. Утверждения теорем единственности описывают множество гомоморфизмов, связывающих охарактеризованную аксиомами структуру $\langle X, \geq, \dots \rangle$ с одной и той же структурой $\langle R, \geq, \dots \rangle$.

Первым классом задач принятия решений является сбалансированное распределение инновационных ресурсов между объектами инноваций в условиях неопределенности результатов инновационной деятельности предприятий. Так, если предпочтения менеджеров предприятия, принимающих решения, согласуются с рядом фундаментальных свойств (аксиом), то возможно отображение этих предпочтений с помощью так называемой ожидаемой полезности (т. е. аддитивной модели).

Введем формальное определение задачи принятия решений в условиях неопределенности, которым будем называть «ансамбль» $(\mathbf{S}, \mathbf{X}, \mathbf{F}, \geq)$, где \mathbf{S} – множество состояний баланса инновационных ресурсов между объектами инноваций; \mathbf{X} – множество исходов выбора объектов инноваций; \mathbf{F} – множество действий функции из \mathbf{S} на \mathbf{X} ; \geq – отношение предпочтения выбора инновационных ресурсов на \mathbf{F} или на \mathbf{X} .

Таким образом, мы рассматриваем решение задачи принятия решения по распределению инновационных ресурсов предприятия так, как если бы существовало некоторое вероятностное распределение или субъективная вероятность, описывающее насколько вероятно возникновение того или иного исхода.

Вторым классом задач принятия решений данного типа являются многокритериальные задачи. При этом первым этапом является от-

бор объектов инноваций на основе Парето-оптимальности, то есть их поиск с не доминируемыми векторами оценок.

Многокритериальной задачей принятия решения будем называть «ансамбль» (N, X) , где N – множество критериев параметризации баланса распределения инновационных ресурсов предприятия между объектами инноваций; $X_j, j \in N$ – множество значений критериев; $X = \prod X_j, i \in N$ – множество «альтернатив» выбора объектов инноваций.

Таким образом, с учетом принятых условий и допущений аддитивная модель для случая «не менее трех критериев» имеет следующий вид:

$$x \geq y \iff \sum_{i=1}^n v_i(x_i) \geq \sum_{i=1}^n v_i(y_i) \quad (2)$$

В геометрической интерпретации эта запись означает, что если две траектории неравенств отношений предпочтения выбора имеют общую точку, то они совпадают. При этом каждая траектория решений автономных неравенств/предпочтений принадлежит одному из трех принятых нами выше условий.

Частным случаем аддитивной модели является взвешенное арифметическое усреднение:

$$x \geq y \iff \sum_{i=1}^n w_i x_i \geq \sum_{i=1}^n w_i y_i \quad (3)$$

Неоспоримым преимуществом аддитивной модели (3) является ее простота. В многокритериальных задачах принятия решений можно говорить о «взаимодействии» таких критериев, как взаимодополнение, взаимозамещение, корреляция и т. д. В то же время, в задачах принятия решений в условиях неопределенности нарушения аксиомы независимости могут появляться в задачах, характеризующихся недостаточной информацией – например, в случаях, когда возможное развитие событий описывается не одним, а несколькими возможными вероятностными распределениями.

Для разрешения проблем, связанных с интенциональными условиями аксиомы независимости, американская группа ученых [6] предложила ослабить аксиоматику аддитивной модели, заменив независимость на так называемую комонотонную независимость, которая имеет следующий вид:

$$f \geq g \iff (C) \int_S u(f) dv \geq (C) \int_S u(g) dv \quad (4)$$

где $(C) \int_S u(f) dv$ интеграл Шоке, а дискретным интегралом Шоке является:

$$C(v, (g_1, \dots, g_n)) = \sum_{i=1}^n (g_i - g_{(i-1)}) \mathbb{1}(j | G(i) - g_i) \quad (5)$$

Данная модель является непосредственным обобщением аддитивной модели. С одной стороны, присутствие независимости подразумевает также и комонотонную независимость, а с другой – вероятность является частным случаем аддитивной емкости. Интеграл Шоке в данном случае совпадает с интегралом Лебега.

Такой подход позволяет решать проблемы, моделирование которых в рамках классических моделей было невозможным. В свою очередь, это расширяет границы моделирования задач принятия решений. В частности, неотображаемый в аддитивных моделях феномен «уклонения от неопределенности» становится возможным смоделировать с помощью интеграла Шоке.

Однако, в современных исследованиях существует дисбаланс между резко возросшей потребностью в автоматизации процесса оценки значений интеграла Шоке с помощью программных средств и предложениями ученых (разработчиков) для автоматизации получения решений в этой области.

При таких условиях естественным критерием в многокритериальных задачах является Парето-доминирование. В результате исследования нами были выявлены несколько методов, позволяющих обеспечить соблюдение принципа Парето-доминирования при использовании интеграла Шоке.

1. Выбрать из « g » – множества оптимальных вариантов распределения инновационных ресурсов между объектами инноваций Парето-оптимальный. Поскольку $g \rightarrow C(v, f) \geq C(v, g)$, то среди максимизаторов $C(v, f), f \in X_0$ всегда найдется Парето-оптимальное решение.

2. Установить « X_0 » равным множеству Парето-оптимальных точек. Иными словами, задача максимизации интеграла Шоке будет являться задачей уточнения решения среди Парето-оптимальных вариантов. Во многих прикладных задачах такой переход может быть осуществлен сравнительно легко. Например, в задаче с ограничением объема распределяемых инновационных ресурсов предприятия между объектами инноваций $\sum_{i \in NZ_i} \leq B$ достаточно перейти к множеству $\sum_{i \in NZ_i} = B$.

3. Уточнить»» – емкость «ансамбля» вариантов распределения инновационных ресурсов между объектами инноваций в неаддитивных моделях, когда предпочтения менеджеров предприятия удовлетворяет не одна, а несколько емкостей.

Выводы

1. Условие независимости бинарных отношений инновационных ресурсов и объектов инноваций не выполняется в подавляющем большинстве практических задач по исследованию диспаритетности баланса распределения ресурсов. Поэтому ослабление данной аксиомы является необходимым условием для

построения корректных моделей в задачах по принятию решений менеджерами предприятий.

2. Применение интеграла Шоке существенно расширяет возможности оптимизации решений для менеджеров в случаях как многокритериальных задач, так и задач принятия решений в условиях неопределенности.

3. На сегодняшний день методы поиска экстремальных значений интеграла Шоке и их применение в задачах принятия решений недостаточно исследованы, поэтому создание более эффективных методик и алгоритмов на основе использования интеграла Шоке важно как в практическом, так и в теоретическом плане.

Литература

1. **Лавриченко О. В.** Инновационные бизнесобразующие технологии как эндогенная основа инновационной системы промышленного предприятия: монография / О. В. Лавриченко. – М.: Изд-во МосГУ «Социум», 2014. – 136 с.
2. Словарь иностранных слов / под редакцией Васюковой И. А. – Изд-во АСТ, 2005. – С.561.
3. **Galand L., Parny P., Spanjard O.** A branch and bound Choque integral optimization in multicriteria problems // Multiple criteria decision making for sustainable energy and transportation systems. – 2010. – pp. 355–365.
4. **Dubois D., Fargier H.** Capacity refinements and their application to qualitative decision avaluation.-Режим доступа: http://www.dx.doi.org/10.1007/978-3-642-02906-6_28 (дата обращения 14.06.2014), свободный.-Заглавие с экрана. – Яз. рус.
5. **Timonin M.** Robust optimization of the Choque integral. – Режим досту па: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165011412001856>. (дата обращения 14.06.2014), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
6. **Fouchal H., Gandibleux X., LeHuede F.** Preferred solutions computed with alabal setting algorith based on Choque integral for multi-objective shortest paths // Simposium on computational intelligence in multicriteria decision-making. – 2011. – pp. 76–78.