

Разработка логико-концептуальной модели при принятии решений в теории экономики активного коннекта

О. В. Лавриченко

ОАО «Концерн Моринформсистема-Агат», Москва

Аннотация: В статье рассматриваются отдельные аспекты проблемы разработки логико-концептуальной модели при принятии решений в теории экономики активного коннекта. Предлагается авторское решение этой задачи на основе метода экстремальных значений интеграла Шоке. Обосновано, что при определенных условиях, в частности, при нетрансферабельной полезности, оптимальные процедуры принятия решений по сбалансированному распределению ограниченных ресурсов в экономических системах необходимо искать именно в классе информационных и когнитивных технологий, входящих в перечень критических технологий современной России. **Ключевые слова:** инновационные ресурсы, теория экономики активного коннекта, интеграл Шоке, концепция сбалансированного распределения ограниченных инновационных ресурсов.

Инновационные самоорганизующиеся бизнесобразующие технологии (ИСБОТ) являются эндогенной основой авторской теории экономики активного коннекта и относятся к информационным и когнитивным технологиям, входящим в перечень критических технологий современной России.

Простые инновационные бизнесобразующие технологии были рассмотрены нами в ранее опубликованных работах [1, 2]. Они были определены не только как алгоритм действий по внедрению идей, но и как технологии общения между участниками процесса реализации инновационной стратегии развития предприятия, методики обмена и структурирования информации между ними. Это способ общения и формирования не только инновационных стратегий, но и информационного сознания субъектов инновационной деятельности [3, 4].

Возможно описание этих объектов как в виде сокращенного алгоритма или элементарной понятийной схемы, состоящей из минимального количества элементов, так и в форме подробнейшего

самосовершенствующегося (то есть с учетом влияния антропогенного фактора) мультимедийного объекта. Идеальная инновационная бизнесобразующая технология – это самосовершенствующийся «цифровой организм», интерактивная модель процесса реализации инновационной стратегии развития [5].

Целью данной работы была разработка логико-концептуальной модели на основе методов решения многокритериальных задач оптимизации сбалансированного распределения ограниченных инновационных ресурсов между объектами инноваций в приложении к задачам системного анализа посредством поиска экстремальных значений интеграла Шоке. С практической точки зрения это обеспечивает дополнительные возможности проектирования информационных систем, в том числе с элементами искусственного интеллекта, с применением неаддитивных интегралов.

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 задач комбинаторной оптимизации. Так, например, в статье Галанда Л. и его коллег [6] 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 $\bar{v}(A) = 1 - v\left(\frac{N}{A}\right), \forall A \subset N$; $\text{Core}(\bar{v})$ - 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 [7], 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. [8], который своей целью ставил 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 между объектами инноваций [9 – 12].

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 возможных объектов инноваций среди элементов множества «R». Математически данная задача может быть сформулирована как задача построения гомоморфизма между структурой, состоящей из абстрактного множества «X»; некоторого «числа отношений» на этом множестве, а также структуры, состоящей из подмножеств множества действительных чисел «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» (S, X, F, \geq) , где S – множество состояний баланса инновационных ресурсов между объектами инноваций; X – множество исходов выбора объектов инноваций; F – множество действий функции из S на X ; \geq – отношение предпочтения выбора инновационных ресурсов на F или на X .

Таким образом, мы рассматриваем решение задачи принятия решения по распределению инновационных ресурсов предприятия при следующих условиях:

а) предпочтения менеджеров, принимающих решения по устранению диспаритета баланса распределения инновационных ресурсов между объектами инноваций, характеризуются вышеприведенным «ансамблем»;

б) решения принимаются так, как если бы существовало некоторое вероятностное распределение или субъективная вероятность, описывающее насколько вероятно возникновение того или иного исхода;

в) наиболее предпочтительное решение данной задачи максимизирует ожидаемую полезность.

Вторым классом задач принятия решений данного типа являются многокритериальные задачи. При этом первым этапом является отбор объектов инноваций на основе Парето-оптимальности, то есть их поиск с недоминированными векторами оценок.

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

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

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

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 логико-концептуальной модели является взвешенное арифметическое усреднение:

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

Неоспоримым преимуществом логико-концептуальной 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 [5] предложила ослабить аксиоматику аддитивной модели, заменив независимость на так называемую комонотонную независимость, которая имеет следующий вид:

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

где $(C) \int_S u(f) dv$ - интеграл Шоке, а дискретный интеграл Шоке:

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

Данная логико-концептуальная модель является непосредственным обобщением ранее применяемых аддитивных моделей. 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 аддитивных 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.

Интеграл Шоке начал применяться также и в многокритериальных задачах принятия решений. В последние годы он получает все более широкое распространение, так как позволяет существенно расширить возможности моделирования предпочтений менеджеров предприятий, принимающих решения по оптимизации распределения инновационных ресурсов между объектами инноваций.

Однако, в современных исследованиях существует дисбаланс между резко возросшей потребностью в автоматизации процесса оценки значений

интеграла Шоке с помощью программных средств и предложениями ученых и разработчиков для автоматизации получения решений в этой области.

При таких условиях естественным критерием в многокритериальных задачах является Парето-доминирование: если некоторый элемент множества решений имеет значения по всем критериям не худшие, чем у некоторого другого элемента, и превосходит его хотя бы по одному критерию, то первый элемент является более предпочтительным. Логико-концептуальные модели обеспечивают выполнение данного условия, в то время как в неаддитивных моделях, учитывающих взаимодействие между критериями, может возникнуть ситуация, при которой два элемента будут иметь равную оценку - при том, что один из них Парето-доминирует.

В результате исследования нами были выявлены несколько методов, позволяющих обеспечить соблюдение принципа Парето-доминирования при использовании интеграла Шоке в логико-концептуальных моделях:

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 от множества $\sum_{i \in NZ_i} \leq B$ просто достаточно перейти к множеству $\sum_{i \in NZ_i} = B$.

3. Уточнить «v» - емкость «ансамбля» вариантов распределения инновационных ресурсов между объектами инноваций в логико-концептуальных моделях, когда предпочтениям 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 логико-концептуальных моделей в задачах по принятию решений менеджерами предприятий по сбалансированному распределению инновационных ресурсов между потенциальными объектами инноваций.

2. Интеграл Шоке позволяет отражать предпочтения менеджеров предприятий, нарушающие принцип независимости «ансамбля» альтернатив их выбора. Его применение существенно расширяет возможности оптимизации решений для менеджеров в случаях как многокритериальных задач, так и задач принятия решений в условиях неопределенности. Это позволяет разрабатывать логико-концептуальные модели, с одной стороны, для разнообразных видов взаимодействий между критериями параметризации баланса распределения инновационных ресурсов, а с другой – для ситуаций принятия решений в условиях недостаточной информации для выбора объектов инноваций с целью оптимизации баланса распределения инновационных ресурсов.

3. На сегодняшний день методы поиска экстремальных значений интеграла Шоке и их применение в задачах принятия решений недостаточно исследованы. Методы, содержащиеся в опубликованных работах, обладают существенными ограничениями. Поэтому создание более эффективных

логико-концептуальных моделей и алгоритмов на основе использования интеграла Шоке важно как в практическом, так и в теоретическом плане.

Литература

1. Лавриченко О.В. Системный анализ и управление инновационной системой промышленного предприятия. М.: МосГУ, 2015. 234 с.
 2. Лавриченко О.В. Инновационные бизнесобразующие технологии как эндогенная основа инновационной системы промышленного предприятия. М.: МосГУ, 2014. 136 с.
 3. Лоскутов А.Б., Солнцев Е.Б., Петрицкий С.А., Терентьев П.В. Методика интегральной оценки уровня энергоэффективности непромышленных объектов // Инженерный вестник Дона, 2014, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2477.
 4. Земцов А.Н., Болгов Н.В., Божко С.Н. Многокритериальный выбор оптимальной системы управления базы данных с помощью метода анализа иерархий // Инженерный вестник Дона, 2014, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2360.
 5. Fouchal H., Gandibleux X., Le Huede F. Preferred solutions computed with alabal setting algorithm based on Choque integral for multi-objective shortest paths // Symposium on computational intelligence in multicriteria decision-making. NY Publ., 2011. pp.76-78.
 6. 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.
 7. Dubois D., Fargier H. Capacity refinements and their application to qualitative decision avaluation. URL: dx.doi.org/10.1007/978-3-642-02906-6_28. (accessed 14/01/15).
 8. Timonin M. Robust optimization of the Choque integral. URL: sciencedirect.com/science/article/pii/S0165011412001856. (accessed 14/01/15).
-



9. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето–оптимальные решения многокритериальных задач. М.: Наука, 1982. 256 с.
10. Подиновский В.В. Об относительной важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений. М.: Машиностроение, 1978. С. 48–92.
11. Nelyubin A., Podinovskiy V. Algorithmic decision rule using ordinal criteria importance coefficients with a first ordinal metric scale // Comput. Math. Math. Phys. 2012. № 1. pp. 43–59.
12. Лазарев Е.А., Мисевич П.В., Шапошников Д.Е. Бикритериальная модель сети передачи данных // Системы управления и информационные технологии. 2011. № 3.2 (45). С. 255–258.

References

1. Lavrichenko O.V. Sistemnyi analiz i upravlenie innovatsionnoi sistemoi promyshlennogo predpriatiia [System analysis and management of innovative systems of industrial enterprises]. Moscow, MGU Publ., 2015. 234 p.
 2. Lavrichenko O.V. Innovatsionnye biznesobrazuyushchie tekhnologii kak endogennaya osnova innovatsionnoy sistemy promyshlennogo predpriyatiya [Innovative forming business technology as endogenous basis of the innovation system of industrial enterprises]. Moscow, MGU Publ., 2014. 136 p.
 3. Loskutov A.B., Solntsev E.B., Petritskiy S.A., Terent'ev P.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2477.
 4. Zemtsov A.N., Bolgov N.V., Bozhko S.N. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2360.
-

5. Fouchal H., Gandibleux X., Le Huede F. Preferred solutions computed with a label setting algorithm based on Choque integral for multi-objective shortest paths. *Symposium on computational intelligence in multicriteria decision-making*. NY Publ., 2011. pp. 76-78.
6. Galand L., Parny P., Spanjard O. Multiple criteria decision making for sustainable energy and transportation systems. 2010. pp. 355-365.
7. Dubois D., Fargier H. Capacity refinements and their application to qualitative decision evaluation. URL: dx.doi.org/10.1007/978-3-642-02906-6_28. (accessed 14/01/15).
8. Timonin M. Robust optimization of the Choque integral. URL: sciencedirect.com/science/article/pii/S0165011412001856. (accessed 14/01/15).
9. Podinovskiy V.V., Nogin V.D. Pareto-optimal'nye resheniya mnogokriterial'nykh zadach [Pareto-optimal Solutions of the Multiobjective Problems]. Moscow, Nauka Publ., 1982. 256 p.
10. Podinovskiy V.V. Ob otnositel'noy vazhnosti kriteriev v mnogokriterial'nykh zadachakh prinyatiya resheniy [On the Relative Preferences of Criteria Importance in Problems of Multicriteria Decision Making]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1978. pp. 48-92.
11. Nelyubin A., Podinovskiy V. *Comput. Math. Math. Phys.* 2012. № 1. pp. 43-59.
12. Lazarev E.A., Misevich P.V., Shaposhnikov D.E. *Sistemy Upravleniya I Informatsionnye Tekhnologii*. 2011. № 3.2 (45). pp. 255-258.