УДК 658.511
DOI: 10.17223/19988648/34/19

А.С. Лосев

АЛГОРИТМ ВЫБОРА СТАТИСТИЧЕСКИ ОБОСНОВАННОГО УПРАВЛЕНЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

В настоящей работе строится алгоритм выбора статистически обоснованного управленческого решения в условиях неопределенности в случае, когда количество возможных ситуаций значительно. Проводится сравнительный анализ разработанного алгоритма с известными методами принятия решений, а также даны результаты численного эксперимента.
Ключевые слова: *принятие решения, алгоритм, математическая статистика, неопределенность.*

Современные процессы в экономике характеризуются не только открытостью, динамичностью, наличием большого числа связей, огромным количеством факторов влияния, но и высокой степенью неопределенности. Разнообразие и большой объем информации, особенно по отношению к возможным будущим сценариям и их развитиям, не всегда способствуют выбору правильного решения, а только увеличивают степень неопределенности и риска. Стремление менеджеров понизить уровень неопределенности и степень риска, выбрать правильное решение продиктовано как психологическими особенностями человека, так и желанием предугадать дальнейший сценарий развития, сделать правильный выбор и получить соответствующую прибыль.

Проблема выбора в управлении и экономике, данный момент одна из важнейших. Решение управленческих задач востребовано и актуально, их результат может принести в различных отраслях миллионные прибыли или убытки. Особенно остро данная проблема стоит в современных условиях, когда число связей растет ежеминутно, а любые действия моментально отражаются на других участниках трансакций. На этом фоне происходящие процессы в экономике существенно ускоряются, на первое место выходят тактические и оперативные решения, их принятие требует минимум времени. Умение принимать правильные решения в таких ситуациях сегодня есть залог успешного менеджера.

Особое внимание уделяется принятию решения в условиях полной неопределенности, их относят к задачам повышенного риска, так как отсутствие информации о развитии дальнейших событий требует от менеджера повышенной ответственности и взвешенного выбора. При этом выбор необходимо осуществить, не владея полной картиной происходящего, а основываясь на собранных данных, а иногда и предположениях. А именно в условиях неопределенности имеющаяся информация подвергается следующей структуризации:

1. Объект принятия решения детерминирован, и по нему выделяют основные факторы риска.

2. По объекту принятия решения выбирают показатель, который наилучшим образом характеризует эффективность решения.

3. По объекту принятия решения выбирают показатель, который характеризует уровень его риска.

4. Формируют конечное число альтернатив принятия решения.

5. Разрабатывают конечное число ситуаций развития события под влиянием изменения факторов риска.

6. По каждому сочетанию альтернатив принятия решений и ситуаций развития события определяют конечный показатель эффективности решения.

Выбор решения осуществляется по наилучшей из рассматриваемых альтернатив [1]. В условиях неопределенности он осуществляется с помощью следующих критериев: Вальда, Лапласа, Гурвица, Сэвиджа.

Критерий Вальда предполагает, что из всех возможных вариантов выбирается альтернатива, которая из всех самых неблагоприятных ситуаций развития события имеет наибольшее из минимальных значений. Критерий Лапласа предполагает, что из всех возможных вариантов выбирается альтернатива, среднее значение которой по всем ситуациям развития событий имеет наибольшее из всех. Критерий Гурвица позволяет руководствоваться при выборе рискового решения в условиях неопределенности некоторым средним результатом эффективности, находящимся в поле между значениями по критериям Сэвиджа и Вальда. Критерий Сэвиджа предполагает, что из всех возможных вариантов выбирается альтернатива, которая минимизирует размеры максимальных потерь по каждому из возможных решений [2].

Существенным их недостатком является то, что часть из них ориентирована на крайние результаты (пессимизма или оптимизма), следовательно, достаточно редко встречающиеся. Остальные, такие как критерий Лапласа или Гурвица, рассчитывают либо абсолютное среднее значение ожидаемого выигрыша (функция полезности), либо с некоторой степенью доверия. Все эти методы напрямую зависят от субъективного восприятия менеджером ситуации, в который необходимо принять решение, его интуиции и представлении о полезности.

Наравне с этим среди современных подходов принятия решения в условиях неопределенности необходимо выделить попытки разработать методически обоснованные подходы к принятию решений с помощью перечисленных критериев, которые позволяют определить частную оптимальную стратегию [3] или максимально задействовать имеющуюся информацию, которая позволит понизить степень неопределенности и перейти к рискам [4].

В настоящей работе предлагается алгоритм выбора статистически обоснованного управленческого решения в условиях неопределенности в случае, когда количество ситуаций на каждую возможную альтернативу выбора достаточно велико, что позволяет говорить о массовости и построении вероятностной модели. В данном случае использование математической статистики не только понизит степень неопределенности, но и позволит задать степень доверия к выбранной альтернативе, тем самым осуществить переход от неопределенности к оценке риска выбираемого решения. Помимо этого, использование математической статистики склоняет выбор в сторону наиболее часто повторяющегося варианта, что увеличивает достоверность выбора как в условиях уже встречающейся проблемы, так и новых ее вариациях.

Рассмотрим общую постановку задачи принятия решения в условиях неопределенности. Положим, что менеджер, принимающий решение, имеет n альтернатив разрешения заданной ситуации, обозначим их как $A_1,\ A_2,...,A_n$. Результат выбора каждой альтернативы зависит от развития ситуации, которая никак не прогнозируется и не подвержена влиянию со стороны менеджера. Получается, что на каждую альтернативу A_i существует *m* вариантов ситуаций, которые обозначим $S_1,\ S_2,...,S_m$, каждая из которых характеризуется величиной $a_{i,j}$, определяющей прибыль при $a_{i,j} > 0$ или убыток при $a_{i,j} < 0$. Данная величина просчитывается как ожидаемая прибыль с учетом возможного сценария развития по результату принятого решения.

Такая постановка задачи широко известна и характеризуется матрицей выигрышей [2], которая может быть представлена как таблица.

Матрица выигрышей *n* x *m*

	S_1	S_2	…	S_m
A_1	$a_{1\,1}$	$a_{1\,2}$	…	$a_{1\,m}$
A_2	$a_{2\,1}$	$a_{2\,2}$	…	$a_{2\,m}$
…	…	…	…	…
A_n	$a_{n\,1}$	$a_{n\,2}$	…	$a_{n\,m}$

Традиционная работа с матрицей выигрышей с помощью критерия Лапласа, Вальда, Сэвиджа, Гурвица [2] равносильна субъективному решению задачи. Ситуация усугубится, если мы устремим количество ситуаций *m* к бесконечности в случае, когда принимаемое решение зависит от большого числа факторов, пренебречь и систематизировать которые невозможно.

Соответственно размерность матрицы увеличится пропорционально условию, отсюда можно предположить, что менеджер будет не в состоянии охватить общую картину происходящего, что сведет его решения к случайному выбору по результатам используемых критериев. Данное утверждение можно обосновать следующими выкладками. В условиях $m \to \infty$ количество вариантов развития сценариев $mn \to \infty$, отсюда вариант пессимиста или оптимиста в общем случае составляет $1/mn$ части, что при достаточно большой размерности будет составлять менее 1%. Следовательно, выбранный вариант попадает в область редких событий и шансы его реализации бесконечно малы. В то же время проведение подготовительной работы, сбор и обработка информации, ее анализ сводятся к минимуму и не продуктивны трате времени и производственных ресурсов.

Предлагается использовать элементы математической статистики. Выбор методов обоснован следующими факторами:

1. Количество данных при условии $m \to \infty$ достаточно велико, что позволяет применить методы математической статистики и говорить о заданной

степени значимости, которая определяет степень риска принимаемого решения.

2. Необходимо подчеркнуть, что речь идет о принятии решения в конкретно заданной уникальной ситуации, которая с позиции выдвигаемых альтернатив и поиска решения накладывает определенные рамки на диапазон желаемых значений $a_{i,j}$. В общем случае частота каждого такого значения будет больше одного, так как $m \to \infty$.

3. Исходные данные являются случайными величинами, так как заранее по условию они полностью неопределенны, а следовательно, они также рассчитываются методами математической статистики на основе аналогичных ситуаций и полученного ранее опыта.

Перечисленные факторы позволяют предположить, что при подборе соответствующих альтернатив со стороны менеджера, нацеленных на заведомо желаемый размер выигрыша, его частота будет превышать все остальные значения. Отсюда можно допустить, что случайная величина выигрыша $a_{i,j}$ примет вид нормального закона распределения. В соответствии с этим предлагается следующий алгоритм принятия решений в условиях неопределенности, когда $m \to \infty$.

Алгоритм принятия решения в условиях неопределенности.

Шаг 1. Средствами математической статистики для независимой выборки $a_{i,j}$, $1 \le i \le n$, $1 \le j \le m$ необходимо определить численные оценки характеристик наблюдаемой случайной величины:

$$\overline{x} = \frac{1}{nm}\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} a_{i,j}, \quad \tilde{S} = \frac{1}{nm}\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} a_{i,j} - (\overline{x})^2,$$

где $\overline{x}$ – несмещенная, состоятельная оценка выборочной средней; $\tilde{S}$ – несмещенная, состоятельная оценка дисперсии.

Шаг 2. С помощью полученных оценок построим доверительный интервал неизвестного среднего взвешенного значения – $\overline{a}$ – наблюдаемой, нормально распределенной, случайной величины, по следующей формуле:

$$\overline{a} \in \left(\overline{x} - t_\gamma\sqrt{\tilde{S}/n};\ \overline{x} + t_\gamma\sqrt{\tilde{S}/n}\right),$$

где t_γ – параметр с доверительной вероятностью (надежностью) γ построенного интервала, который определяется по таблице распределения Стьюдента с уровнем значимости $\alpha=1-\gamma$ и числом степеней свободы $k=n-1$.

Шаг 3. Посчитаем для каждой альтернативы A_k, $1 \le k \le n$, число элементов $a_{k,j}$, $1 \le j \le m$, принадлежащих построенному доверительному интервалу, обозначив полученный результат B_k.

Шаг 4. Определим константу $z = \max\limits_{1 \le k \le n} B_k$, которая соответствует номеру альтернативы, выбор которой приводит к наиболее статистически ожидаемому результату в большинстве случаев развития различных ситуаций. В случае, когда такая альтернатива не единственная, выбор из предложенных вариантов можно провести с помощью дополнительных требований или разделить усилия по нескольким направлениям, если это возможно.

Главная идея алгоритма состоит в нахождении статистически обоснованной альтернативы из общего числа. В основе алгоритма лежат известные формулы построения доверительного интервала для оценки математического ожидания нормального распределения при известном среднем квадратичном отклонении [5]. Данные формулы позволяют определить оценку среднеожидаемого результата при заданных условиях – шаг 1–2, после чего определяется частота рассеивания элементов $a_{i,j}$ для каждой альтернативы – шаг 3–4. Большее число элементов $a_{i,j}$, попавших в построенный интервал, соответствует большей вероятности появления содержащей их альтернативы, так как по функции распределения нормального закона вероятность появления величины увеличивается, приближаясь к среднему значению, и уменьшается за пределами доверительного интервала [5].

Таким образом, построенный алгоритм позволяет определить статистически обоснованную альтернативу, к которой относится большее число элементов $a_{i,j}$ содержащихся в доверительном интервале.

Результаты численного эксперимента

На основе разработанного алгоритма был проведен численный эксперимент по выбору статистически обоснованной альтернативы из общего числа в условиях неопределенности. Для этого были рассмотрены экономические показатели, уже сведенные к математической модели, в виде матрицы выигрышей размерностью 20 альтернатив на 50 возможных ситуаций развития.

Показатели прибыли заданной матрицы $a_{i,j}$ заданы в условных единицах и в целях обобщенности определялись случайным образом. Разработанный алгоритм применяется только после проверки необходимых условий: значительная размерность матрицы и соответствие распределения величин выигрыша $a_{i,j}$ нормальному закону распределения. Полученный результат сравнивался с альтернативой, выбранной традиционными критериями Лапласа, Сэвиджа и Вальда.

Процедура заполнения матрицы выигрышей, проверка условия и выбор альтернативы разработанным алгоритмом проводились порядка двухсот раз итераций. В результате сравнения полученных результатов было установлено, что только в 40% случаев выбранная альтернатива соответствует альтернативе, полученной по критерию Лапласа, и менее чем в 1% случаев по критерию Вальда и Сэвиджа.

Следовательно, полученные результаты подтверждают, что предложенный алгоритм ориентируется не просто на среднеожидаемый выигрыш, соответствующий критерию Лапласа, а на статистически ожидаемый результат, избегая наиболее крайних развитий ситуаций, соответствующих критерию Вальда и Сэвиджа, что говорит о понижении уровня риска и повышении достоверности выбранной альтернативы.

Литература

1. *Малютина Т.Д.* Методы принятия управленческих решений при разных уровнях неопределенности // Управление экономическими системами. 2013. № 12(60). С. 19–23.

2. *Малыхин В.И.* Математические методы принятия решений: учеб. пособие. Воронеж: ВФ МГЭИ, 2009. 102 с.

3. *Черников А.П.* Принятие управленческих решений в условиях неопределенности // Изв. Иркут. гос. экон. академии. 2013. № 2. С. 57–61.

4. *Олеников С.П.* Метод принятия решений в условиях неоднородности информации (РУНИ) // Изв. ВолгГТУ. 2009. № 6. С. 63–66.

5. *Айвазян С.А., Мхитарян В.С.* Прикладная статистика и основы эконометрики. М.: ЮНИТИ, 1998. 1000 с.

Losev A.S. Institute for Applied Mathematics Far-Eastern Branch of Russian Academe of Sciences (Vladivostok, Russia). E-mail: A.S. Losev@yandex.ru

ALGORITHM FOR THE SELECTION OF STATISTICAL INFORMED MANAGEMENT DECISIONS UNDER UNCERTAINTY.

Keywords: decision-making, algorithm, mathematical statistics, uncertainty.

The problem of choice in the management of the economy and today is one of the most important. Management tasks and actual demand, the results can bring in various sectors of millions in profits or losses. Particularly acute, this problem occurs in the conditions of globalization, when the number of connections grows every minute, and any action instantly on the other participants Economic Community. Against this background, the processes taking place in the economy substantially accelerated and come first tactical and operational decision on adoption which is given a minimum of time. The ability to make the right decisions in such situations, now have the key to successful management and modern production.

A special place in the problem of choice takes the task of decision-making under conditions of complete uncertainty, they are referred to the problems of high-risk, as lack of information about the further development of events requires increased management responsibility and a balanced choice. The methods used to solve this problem have a number of drawbacks, namely the criterion of Wald and Savage oriented to the extreme results of the situation, i.e. pessimism or optimism. Laplace and Hurwitz criterion is calculated or the absolute value of the average expected payoff, or with some degree of confidence. As a result of their use of non-object offers a solution that depends on many subjective factors not related to the situation, and with a face that use them, and his vision of what is happening.

In this paper, we propose an algorithm of decision-making under uncertainty elements of mathematical statistics, in the case where the number of cases for each possible alternative choice is large enough. In contrast to the known methods, this condition allows you to build a probabilistic model, thereby to move from uncertainty to the required degree of confidence in the selection of alternatives to find the appropriate algorithm is built.

On the basis of the constructed algorithm performed computational experiment, the results of which show that for a sufficiently large number of alternatives, the choice of the so-called pessimists and optimists is not justified and a rare event. The analysis of the results with the criteria of Laplace and Hurwitz, also showed that the coincidence is observed in less than half of the cases that talk about the absence of any solidity in the choice of solutions according to the criteria in the obviously large number of outcomes and the development of the situation in which you need to make a decision.

References

1. Malyutina T.D. Metody prinyatiya upravlencheskih resheniy pri raznyh urovnyah neopredelennosti. Upravlenie ekonomicheskimi sistemami, 2013, no. 12, vol. 60, pp. 19-23.

2. Malyhin V.I. Matematicheskie metody prinyatiya resheniy: uchebnoe posobie [Mathematical methods of decision-making: a tutorial]. Voronezh, VF MGEI Publ., 2009. 102 p.

3. Chernikov A.P. Prinyatie upravlencheskih resheniy v usloviyah neopredelennosti. Izvestiya irkutskoy gosudarstvennoy ekonomicheskoy akademii, 2013, no. 2, pp. 57–61.

4. Olenikov S.P. Metod prinyatiya resheniy v usloviyah neodnorodnosti informacii (RUNI). IZVESTIYA VolgGTU, 2009, no. 6, pp. 63–66.

5. Ayvazyan S.A., Mhitaryan V.S. Prikladnaya statistika i osnovy ekonometriki [Applied Statistics and Econometrics fundamentals]. Moscow, YUNITI Publ. 1998. 1000 p.