

УДК 65.011.42

Применение критериев принятия решений и теории игр при управлении экономическими показателями металлургического предприятия

В.А. Гуляев, Ю.К. Орлов
Донецкий национальный технический университет
gvard12@gmail.com

Гуляев В.А., Орлов Ю.К. Применение критериев принятия решений и теории игр при управлении экономическими показателями металлургического предприятия. Рассмотрена проблема принятия решений, обусловлен выбор типа базисного предприятия. Сформулирована задача, показывающая применение критериев для принятия решений. Произведен расчёт коэффициентов по имеющимся финансовым показателям предприятия, необходимых для решения задачи. Составлено регрессионное уравнение для выражения требуемого параметра через управляемые. Составлены матрица игры и матрица рисков. Произведены расчеты критериев. Выдвинуты предложения по программной реализации решения подобных задач на производстве.

Ключевые слова: решение, критерий, ЛПР, финансовая отчётность, регрессионное уравнение, матрица

Введение

Проблема принятия оптимальных решений является одним из путей к рационализации любого производства. Согласно теории управления, на вход «черного ящика» могут поступать входы, которые могут быть как неуправляемы, так и поддаваться изменению. На практике такие входы не являются полностью независимыми и прямо либо косвенно одни влияют в той или иной мере на некоторые другие. Как показывает опыт довольно часто необходимые показатели не могут изменяться напрямую, поэтому перед лицом принимающим решение (ЛПР), стоит задача найти такие значения, оценить степень корреляции с требуемым выходным параметром и определить такой уровень воздействия на управляемые показатели, чтобы получить заданный результат. Разработанные общепринятые критерии принятия решений в совокупности позволяют дать ЛПР возможность перебрать доступные варианты оказания влияния на входные параметры путем изменения какого-то конкретного параметра.

Металлургическое предприятие было выбрано в качестве базиса для исследования поскольку процессы, которые в нём протекают, позволяют сделать вывод о том, что это сложная система с множествами входов и выходов,

следовательно, результаты управления могут быть менее предсказуемыми, чем, например, у супермаркета. Также такой выбор обуславливает актуальность этой работы, поскольку принятие эффективных решений в подобных крупных предприятиях позволяет увеличивать прибыль в более значимых масштабах.

Применение достижений теории игр для принятия решений

В качестве дальнейшего теоретического изучения вопроса применения теории игр для принятия решений следует обратить внимание на работу Дж. Ч. Харшани «Игры с неполной информацией, сыгранные байесовскими игроками». Она стала продолжением работ известного математика Дж. Ф. Нэша, лауреата нобелевской премии за работу «Анализ равновесия в теории некооперативных игр». В этой работе и в других статьях он исследовал проблему выбора оптимальной стратегии поведения с учётом заранее известных стратегий других игроков. В свою очередь Харшани рассмотрел случай, когда стратегии и решения других игроков неопределенны. Ученый исходил из того, что каждый игрок является одним из нескольких «типов», а каждый тип отвечает набору возможных преимуществ для игрока и вероятно распределяет почти всех на типы игроков. Значит, каждый игрок в игре с неполной

информацией выбирает стратегию одного из таких типов. С согласованным требованием в отношении возможности распределения игроков Дж. Ч. Харшани показал, что для каждой игры с неполной информацией существует эквивалентная игра с полной информацией. То есть он трансформировал игру с неполной информацией в игру с несовершенной информацией. В таком случае игра может регулироваться моделями, предложенными Нэшем.

Также в этой области представляют интересы работы Р. Дж. Р. Селтена. В статье «Модель олигополии с инерцией спроса» Р. Дж. Р. Селтен разработал «чистую стратегию» с интуитивным выбором». Последовательно усложняя и уточняя отмеченное «равновесие» дополнительными условиями для предыдущих договоренностей об игре, ученый развивал ее с точки зрения динамики и приближал к условиям реальной жизни. Он на противоположных примерах доказал, что даже точки равновесия могут вызвать иррациональное поведение. По мнению ученого, только специальный класс точек равновесия (он их назвал «истинными», или «совершенными точками равновесия») обеспечивает на самом деле рациональное поведение в бескоалиционной игре (т.е. игре, которая не допускает свободного обмена информацией и принудительных условий, Нэш ей противопоставил кооперативные игры как такие, допускающие свободный обмен информацией и принудительные условия между игроками).

Формулировка задачи принятия решений

Допустим, что ЛПР поручается определить на Енакиевском металлургическом заводе (ЕМЗ) такой уровень текущей ликвидности, при котором значение коэффициента рентабельности оптимально для возможных колебаний коэффициента ликвидности. Ему следует учесть, что в условиях политической и экономической нестабильности, отражающей современные условия, величина краткосрочных обязательств необходимая для расчёта коэффициента текущей ликвидности, подвержена различным рискам изменения в большую сторону [1, 2]. В его распоряжении есть данные, необходимые для расчёта этих двух коэффициентов за период с IV квартала 2013 по III квартал 2015 года.

Данная задача была сформулирована на основании показателей, которые используются международным рейтинговым агентством Moody's в [3] для оценки предприятий горно-металлургической отрасли, а предприятие и

периодизация доступных данных – исходя из возможности получения объективных показателей из финансовых отчетностей, находящихся в открытом доступе. Данное агентство принадлежит к так называемой «большой тройке», которая включает в себя такие организации, как Standard & Poog's, Moody's и Fitch, вместе они составляют 94 процента рынка рейтингово-кредитных услуг на момент 2008 года. С точки зрения данной работы использование коэффициентов, употребляемых такой известной компанией повышает актуальность работы. К тому же, компания Moody's составляла отчетность по состоянию исследуемого предприятия в 2011 году, что еще раз подчеркивает реальность подобной задачи на практике.

Подготовку к решению поставленной задачи было принято решение условно разбить на следующие подпункты:

- а) расчёт заданных коэффициентов на временном промежутке;
- б) получение регрессионного уравнения, описывающего степень зависимости управляемого параметра от требуемого;
- в) генерация массива решений;
- г) расчёт матриц игры и рисков [4].

После выполнения описанных пунктов можно приступать к непосредственному расчёту критериев принятия решений.

Расчёт коэффициентов

Прежде чем считать сами коэффициенты необходимо определить формулы для их расчёта, которые выглядят следующим образом

$$\text{рентабельность} = \frac{\text{ф.2стр.2355}}{\text{ф.1стр.1300}}. \quad (1)$$

$$\text{ликвидность} = \frac{\text{ф.1стр.1195}}{\text{ф.1стр.1695}}. \quad (2)$$

Формулы (1) и (2) представлены в виде, используемом в экономических науках, где, например, «ф.2 стр. 2355» обозначает вторую форму бухгалтерской отчетности, который называется «Отчёт о финансовых результатах», из которой берется показатель с индексом 2355, который в данном случае обозначает чистый финансовый убыток. В зависимости от страны ведения отчётности индексы могут меняться, но содержания отчета в целом стандартизировано. В данной работе используются отчетности, составленные по украинским стандартам. Далее на основании полученных финансовых отчетностей и формул (1) и (2), взятых из [5] можно выполнить расчёт коэффициентов, который показан в таблице 1.

Таблица 1. Расчёт используемых финансовых коэффициентов

Период	Рент.	Ликв.
4 кв. 2013	-0,0261	0,8615
1 кв. 2014	-0,0430	0,8246
2 кв. 2014	-0,0332	0,8388
3 кв. 2014	-0,0567	0,8007

Продолжение таблицы 1

Период	Рент.	Ликв.
4 кв. 2014	-0,0181	1,0031
1 кв. 2015	0,0160	1,0551
2 кв. 2015	-0,0002	1,0430
3 кв. 2015	-0,0261	1,0097

Данные показатели свидетельствуют о том, что исследуемое предприятие имеет кризисные явления, поскольку, например, коэффициент рентабельности на всем промежутке отрицательный, что говорит об убыточности компании [6]. Подобная выборка для принятия наиболее оптимального решения не должна использоваться, поскольку она не учитывает общую динамику показателей, на которые могут повлиять прямо или косвенно такие параметры, которые неодинаково реагируют на изменения текущего состояния предприятия. В данном случае ввиду ограниченного доступа к финансовой информации могут быть использованы только эти параметры, что имеет и свои преимущества в виде потенциально более качественного решения в кризисных условиях.

Составление регрессионного уравнения

Далее необходимо составить регрессионное уравнение, описывающее зависимость между рассматриваемыми коэффициентами [7]. Высокий коэффициент корреляции между этими показателями даёт возможность говорить о том, что полученное регрессионное уравнение будет иметь не слишком большую погрешность. Для данного случая будет использоваться линейное регрессионное уравнение, принимающее вид

$$y = a + b \cdot x, \quad (3)$$

где y – коэффициент рентабельности;
 x – уровень текущей ликвидности;

a, b – коэффициенты регрессионного уравнения, которые нужно найти.

Для нахождения коэффициентов в формуле (3) необходимо было решить систему уравнений вида

$$\begin{cases} a \cdot n + b \cdot \sum x = \sum y \\ a \cdot \sum x + b \cdot \sum x^2 = \sum xy \end{cases}, \quad (4)$$

где n – количество рассматриваемых периодов, в данной задаче $n = 8$.

Подставив данные из таблицы 1 в формулу (4) получим систему вида:

$$\begin{cases} a \cdot 8 + b \cdot (-0,16) = 6,58 \\ a \cdot (-0,16) + b \cdot 0,00743 = -0,14 \end{cases}, \quad (5)$$

Данная система состоит из двух линейных уравнений и не представляет сложности в её решении. В результате вычислений получено, что $a = 1,0321$, $b = 4,0291$, подставив значения в формулу (3) получим искомое регрессионное уравнение

$$y = 1,0321 + 4,0291 \cdot x. \quad (6)$$

Таким образом, была получена формула для расчёта требуемого показателя через тот, который поддается управлению. Теперь при помощи него можно сгенерировать массив альтернативных решений и рассчитать относительно точное значение, которое получится при изменении управляемого параметра.

Генерация массива альтернатив. Составление матриц

Матричная игра – это парная игра, которая задается набором чистых стратегий $\{1, \dots, n\}$ и $\{1, \dots, m\}$ первого и второго игроков, а также платежной матрицей $(a_{ij})_{m \times n}$, определяющей выигрыш первого игрока при выборе игроками стратегий i и j соответственно. Целью первого игрока является максимизация своего выигрыша, а целью второго – минимизация выигрыша противника [8]. В контексте составленной задачи данное определение приобретает следующий вид: необходимо выбрать такую стратегию поведения, чтобы добиться наибольшего значения целевого параметра путём наименьшего воздействия на управляемый параметр.

Для выбора уровня оптимального уровня коэффициента текущей ликвидности, рассмотрены его значения на промежутке от -0,06 до 0,04 с шагом 0,02, т.о. получится 6 вариантов решений. Этот промежуток выбран на основании данных таблицы 3.2, где наименьшее значение показателя составило -0,0567 единиц, а наибольший – 0,0160 единиц, т.е. промежуток

немного выходит за рамки имеющихся данных. При помощи полученного уравнения (6) составлена матрица игры где каждый элемент сформирован по следующим правилам:

а) если фактическое значение коэффициента строго больше планового, то в матрицу заносится коэффициент рентабельности, рассчитанный по фактическому значению;

б) если фактическое значение коэффициента меньше планового, то в матрицу заносится коэффициент рентабельности, рассчитанный как среднее арифметическое планового и фактического значения.

Данные правила предложены в первую очередь для того, чтобы разнообразить элементы матрицы и на практике могут меняться.

В таблице 2 располагается матрица игры [8] по решаемой задаче.

Таблица 2 – Матрица игры

		Фактические значения					
		-0,06	-0,04	-0,02	0	0,02	0,04
Плановые значения	-0,06	0,79	0,87	0,95	1,03	1,11	1,19
	-0,04	0,83	0,87	0,95	1,03	1,11	1,19
	-0,02	0,87	0,91	0,95	1,03	1,11	1,19
	0	0,91	0,95	0,99	1,03	1,11	1,19
	0,02	0,95	0,99	1,03	1,07	1,11	1,19
	0,04	0,99	1,03	1,07	1,11	1,15	1,19

Матрица рисков необходима для нахождения критерий Сэвиджа. На этапе планирования матрица составляется для того, чтобы получить общую картину по управлению ключевыми рисками процесса. Кроме того, в общем случае наличие матрицы позволяет оптимально распределять ресурсы и выстраивать правильную последовательность приоритетов. Её элементы рассчитываются по формуле

$$r_{ij} = \beta_j - a_{ij} \geq 0, \quad (7)$$

где r_{ij} – элемент матрицы рисков в i -строке j -столбца;

β_j – максимально возможное значение по факту;

a_{ij} – соответствующий элемент матрицы игры.

В соответствии с формулой (7) была сформирована матрица рисков [8] в таблице 3.

Как можно заметить, плановые и фактические значения альтернативы 0,04 при любом исходе являются безрисковыми, что может говорить уже сейчас о безальтернативности выбора этого параметра как наилучшего, однако на практике вряд ли получится такое простое решение, поэтому

необходимо продолжить процесс поиска оптимального решения.

Таблица 3 – Матрица рисков

		Фактические значения					
		-0,06	-0,04	-0,02	0	0,02	0,04
Плановые значения	-0,06	0,20	0,16	0,12	0,08	0,04	0
	-0,04	0,16	0,16	0,120	0,08	0,04	0
	-0,02	0,12	0,12	0,12	0,08	0,04	0
	0	0,08	0,08	0,08	0,08	0,04	0
	0,02	0,04	0,040	0,04	0,04	0,04	0
	0,04	0	0	0	0	0	0

Расчёт критериев

Теперь можно приступить к непосредственному вычислению значений критериев и принятию решения. В данной работе будут рассчитаны следующие коэффициенты:

1. критерий Байеса;
2. критерий Лапласа;
3. критерий Вальда;
4. критерий Сэвиджа;
5. критерий Гурвица;
6. критерий Ходжа-Лемана.

Полный перечень формул для расчётов можно найти в [8, 9], поэтому их нецелесообразно приводить в данной работе ввиду большого объема. Используя эти формулы для расчёта коэффициентов, были получены следующие результаты и выбраны наилучшие решения, выделенные курсивом, что отражено в таблице 4.4.

Таблица 4 – Результаты расчётов критериев принятия оптимальных решений

	Критерии					
	1	2	3	4	5	6
-0,06	0,95	0,99	0,79	0,20	0,95	0,88
-0,04	0,96	0,99	0,83	0,16	0,97	0,90
-0,02	0,97	1,01	0,87	0,12	0,9	0,93
0	1,00	1,03	0,91	0,08	1,02	0,96
0,02	1,03	1,05	0,95	0,04	1,04	1
0,04	1,07	1,093	0,99	0	1	1,04

Закончив все вычисления, ЛПР может принимать решения. Как видно на таблице 4, все критерии определяют вариант значения коэффициента текущей ликвидности равным 0,04 (поскольку ищется наибольшее значение по

альтернативам, кроме как для критерия Сэвиджа), что можно назвать ожидаемым результатом ввиду тривиальности задачи, т.о. знание личностных качеств ЛПП в данном случае является избыточной информацией. Полученные данные после оценки последствий принятого решения могут отправиться в базу данных для дальнейшего повторного использования при решении подобной задачи.

Возможные пути программной реализации решения

Рассматривая наиболее интересную с точки зрения внедрения программного продукта можно предложить концепцию программы, которая бы понимала такую задачу, как сформулированная в этой работе, т.е. понимала подтекст, которая могла бы брать необходимые данные из базы данных на серверах предприятия и самостоятельно давать оператору программы решение на естественном языке. Подобное программное решение могло бы иметь успех на рынке, однако ввиду сложности реализации можно допустить, что ЛПП должен выбрать тип решаемой задачи, задать начальные значения и принять самостоятельное решение на основании полученных расчётов.

В качестве путей реализации выделены следующие подходы:

- реализация на основе имеющихся на предприятии программных решений в виде надстроек, дополнений и прочего;
- реализация как отдельного продукта, который был бы написан на каком-либо языке программирования.

Данные подходы имеют преимущества и недостатки. У первого подхода существует определяющий недостаток – отсутствие опыта работы с системами предприятия у разработчика. Например, на ДМЗ внедрено решение от компании SAP, которое для написания дополнений к нему требует знания языка ABAP/4, который нигде больше кроме как в продуктах компании SAP не используется, а поскольку это ПО платное, то реализация этого подхода без доступа к системе будет проблематичной. Данный подход имеет один важный плюс – то, что система уже реализована на предприятии даёт возможность снизить расходы на переобучение персонала для работы с нововведениями, которые будут максимально эффективно работать на предприятии в дальнейшем. Также нужно упомянуть SAP Business Intelligence – подсистему, которая занимается обработкой имеющейся информации, в том числе нахождение требуемых показателей в режиме реального времени, линий трендов в

этих показателях с последующей визуализацией [10,11]. В целом в сравнении с SAP R/3 4.6, выпущенном в 2000 году и установленном на ДМЗ, данный программный продукт приобрёл значительное число функций, которые можно рассматривать как инструменты поддержки принятия решений, сюда входят в частности SAP IT Operations Analytics, SAP Analytics Hub, SAP BW4/HANA – все они позволяют, оперируя большими объемами данных, проводить аналитику текущего состояния предприятия.

Согласно отчёту IDC за 2015 год о результатах исследования российского рынка программного обеспечения информационных систем управления предприятием (ИСУП), или как их еще называют ERP-систем, более 80 процентов рынка занимают две компании – SAP и 1С (48,9 и 32,7 процента соответственно), тогда как Oracle занимала 4,4%, Microsoft 8,7%, Галактика – 2,1%. Также отмечается, что решение корпорации SAP преобладает в сегменте крупных предприятий, в то время как от 1С – в сегменте средних компаний. Металлургические заводы в целом относятся к крупным предприятиям (т.е. такие, у которых размер персонала превышает 500 человек), к тому же рассматриваемые предприятия уже внедрили решение SAP, поэтому рассмотрение других ERP-систем нецелесообразно.

Реализация в виде отдельного программного продукта, в свою очередь, компенсирует недостаток первого подхода, однако показывает другой – необходимость совместимости с имеющимся оборудованием, причем имеется ввиду не только требования к компьютерам по аппаратной части, но также и требования по приему и обработке данных, получаемых с датчиков (которые могут теоретически записываться в отдельную базу данных и использоваться в дальнейшем), что требует использования низкоуровневого программирования. Также, недостатками этого подхода является сложность по адаптации персонала к новому программному продукту и общая сложность проекта. В качестве ЯП, которые могут быть использованы при создании продукта, может быть выбран C# как современный инструмент, имеющий большое количество библиотек, в том числе и для управления различными датчиками, и позволяющий создать удобный интерфейс, тем самым снизив требования к переобучению персонала. В частности, для доступа к датчикам, установленным на ДМЗ, которые в большей мере используют Siemens Simatic для автоматизации сбора информации и управления технологическими процессами, можно

воспользоваться open-source библиотеками такими, как Libnodave или Snap7.

Важно также отметить преимущества от внедрения в такую программу нейросетей, которые могли бы обучаться на основании имеющихся данных и выдавать наилучшее решение с меньшей долей вероятности ошибки – этот подход может быть применен в целом и на предложенных подходах в той или иной мере.

Таким образом, выбор оптимального подхода остается за разработчиком и должен основываться на имеющихся возможностях информационной инфраструктуры предприятия и доступных денежных средствах.

Выводы

Таким образом, была исследована проблема принятия решений при управлении экономическими параметрами металлургического завода. Была решена задача, демонстрирующая применение теории игр для принятия решений. Исследованы текущие направления в развитии теории игр как научной дисциплины. Предложены варианты программной реализации решений таких задач, оценены преимущества и недостатки каждого из предложенных подходов.

Литература

1. Тагиев, К.Ф. Технологические инновации на машиностроительном предприятии: риски и пути их снижения / К.Ф. Тагиев // Вестник экономики, права и социологии, 2010. – №4. – С.64–69.
2. Ширинкина, Е.В. Прогнозирование риска несостоятельности предприятия в условиях неопределенности / Е.В. Ширинкина // Вестник Пермского университета, 2015. – № 3(26). – С.137–144.
3. Global Mining Industry. Rating methodology. – Moody's Investors Service, 2014. – 24 с.
4. Турсунов, Т.М. Рейтинговые агентства и их роль на

рынке структурированных финансовых инструментов / Т.М. Турсунов // Журнал «Корпоративные финансы», 2010. – №3(15) – С.79–83.

5. Литвак, Б.К. Стратегический менеджмент: учебник / Б.К. Литвак. – М. : Юрайт, 2015. – 507 с.

6. Шимко, А.К. Микроэкономика (в вопросах и ответах): учебно-методическое пособие / А.К. Шимко, Л.В. Бондарь, В.Н. Братухин, Т.Н. Гутовец и др. – Минск : Част. ин-т управ. и предпр, 2006. – 61 с.

7. Акимов, В.А. Основы анализа и управления рисков в природной и техногенной сферах / В.А. Акимов, В.В. Лесных, Н.Н Радаев. – М. : Деловой экспресс, 2004. – 352 с.

8. Блягоз, З.У. Принятие решений в условиях риска и неопределенности / З.У. Блягоз, А.Ю. Попова // Вестник Адыгейского государственного университета, 2006. – №4. – С.28–34.

9. Просветов, Г.И. Математические методы в экономике: учебно-методическое пособие / Г.И. Просветов. – М. : Изд-во РДП, 2004. – 364 с.

10. Трахтенгерц, Э.А. Компьютерные системы поддержки принятия управленческих решений / Э.А. Трахтенгерц // Проблемы управления, 2003. – №1. – С.13–28.

11. Гуляев В.А., Орлов Ю.К. Исследование влияния работы кислородно-компрессорного цеха на деятельность металлургического завода. – Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование в рамках III форума «Инновационные перспективы Донбасса» (ИУСМКМ - 2017): VIII Международная научно-техническая конференция, 25 мая 2017, г.Донецк: / - Донецк: ДонНТУ, 2017. – с. 718-725.

Гуляев В.А., Орлов Ю.К. Применение критериев принятия решений и теории игр при управлении экономическими показателями металлургического предприятия. Рассмотрена проблема принятия решений, обусловлен выбор типа базисного предприятия. Сформулирована задача, показывающая применение критериев для принятия решений. Произведен расчёт коэффициентов по имеющимся финансовым показателям предприятия, необходимых для решения задачи. Составлено регрессионное уравнение для выражения требуемого параметра через управляемые. Составлены матрица игры и матрица рисков. Произведены расчеты критериев. Выдвинуты предложения по программной реализации решения подобных задач на производстве.

Ключевые слова: решение, критерий, ЛПР, финансовая отчётность, регрессионное уравнение, матрица

Gulyaev V.A., Orlov J. C. Application of decision criteria and game theory in economic index management of a metallurgical facility. The problem of decision-making was considered, the choice of the type of basic facility was determined. A problem that shows the application of criteria for decision-making was formulated. The calculation of coefficients for the company's financial indexes required to solve the problem was made. A regression equation was constructed to express the required parameter via controllable one. The game matrix and the risk matrix were made. Calculations of criteria were made. Proposals on the program implementation of the solution of similar problems in the production were put forward

Keywords: solution, criterion, decision maker, financial statements, regression equation, matrix

Статья поступила в редакцию 20.09.2016
Рекомендована к публикации д-ром физ.-мат. наук А.С. Миненко