

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Костыра Артем Сергеевич

Выпускная квалификационная работа бакалавра

**Риск принятия решений в условиях неполноты
информации на примере ОАО «НК «Роснефть»**

Направление 010400

Прикладная математика, фундаментальная информатика и программирование

Научный руководитель,
старший преподаватель,
Тумка О.А.

Санкт-Петербург

2016

Содержание

Введение	3
Глава 1. Производственная функция	5
1.1. Основные понятия	5
1.2. Виды производственных функций	6
1.3. Построение производственных функций по основным экономическим и операционным показателям компании ОАО «НК «Роснефть»	7
1.4. Характеристики производственной функции	10
1.5. Прогнозирование значений параметров	12
Глава 2. Принятие решений в условиях риска и неопределенности	14
2.1. Матричные игры с природой в условиях неполноты информации	14
2.2. Исследование механизма принятия решений в условиях риска и неопределенности на примере ОАО «НК «Роснефть»	17
Заключение	23
Литература	24
Приложения	25

Введение

В наше время сложно представить современный мир независимым от топлива: автомобили и прочие виды транспорта передвигаются благодаря нефтепродуктам, природный газ используется для изготовления полимеров, даже в бытовой жизни многие пользуются газовыми конфорками, и это лишь малая часть того, где применяются добываемые полезные ископаемые.

Одним из основных показателей экономики страны или региона является уровень добычи полезных ископаемых, таких как нефть или газ. В связи с этим, от стабильности функционирования нефтегазодобывающих предприятий напрямую зависят не только цены на бензин, но и экономика страны в целом.

Одним из таких предприятий является, рассматриваемое в данной работе ОАО «НК «Роснефть». «Роснефть» - лидер российской нефтяной промышленности. Компания включена в перечень стратегических предприятий России. «Роснефть» добывает около 40% российской нефти и успешно реализует стратегию устойчивого роста добычи, в том числе благодаря внедрению самых современных технологий. Акции компании представлены на Лондонской фондовой бирже и на Московской бирже.

Анализ и прогнозирование основных экономических показателей - это одна из важнейших задач руководства компании, которая напрямую связана с риском. Особенно важна и актуальна данная проблема в условиях падения цен на нефтяную продукцию в мире.

Целью данной выпускной работы является разработка модели зависимости основных финансовых и операционных показателей, прогнозирование значений основных производственных факторов и

исследование возможного поведения рассматриваемой компании в смысле принятия решений в условиях риска и неполноты информации с помощью полученных прогнозных значений.

Задачи:

- Построение многофакторных производственных функций.
- Нахождение характеристик модели, полученной на основе аппарата производственных функций.
- Прогнозирование значений основных показателей полученной модели.
- Оценка рисков принятия решений для предприятия и нахождения оптимального решения по реализации нефти и газа в рамках матричной «игры с природой».
- Прогноз значения выручки от реализации компании Роснефть по полученным рекомендациям для принятия решений по реализации ресурсов и прогнозным значениям показателей.

Глава 1. Производственная функция

1.1. Основные понятия

Процесс производства является основным в экономике. Ресурсы, необходимые для функционирования этого процесса называют факторами производства. Чаще всего к ним относят используемый капитал, труд, землю, предпринимательские способности и коэффициент научно технического прогресса (НТП).

Производством называется любая человеческая деятельность по преобразованию ограниченных ресурсов — материальных, трудовых, природных, в готовую продукцию.

Определение 1. Под производственной функцией будем понимать зависимость между количеством используемых ресурсов (факторов производства) и максимально возможным объемом выпуска[7].

$$q = f(x) = f(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

где:

x_1, \dots, x_n — факторы производства,

n — количество рассматриваемых факторов.

Определение 2 Коэффициент детерминации R^2 показывает долю дисперсии зависимой переменной, которая объясняется независимой

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^k (y_i - f_i)^2}{\sum_{i=1}^k (y_i - \bar{y}_i)^2},$$

Этот коэффициент принимает значения из отрезка $[-1, +1]$. Чем ближе значение этого коэффициента к 1, тем лучше полученная функция аппроксимирует входные данные. Допустимым считается значение $R^2 > 0,7$.

Производственная функция обладает следующими свойствами:

- 1) Существует предел увеличения производства, достигаемый при увеличении одного ресурса и постоянстве других.
- 2) Ресурсы дополняют друг друга, хотя в некоторых пределах они взаимозаменяемы без сокращения выпуска.
- 3) При изменении ресурсов различают три периода:
 - Мгновенный период – все ресурсы являются фиксированными,
 - Короткий период – один ресурс фиксирован,
 - Длительный период – все ресурсы изменяемы.

Одним из важнейших преимуществ использования аппарата производственных функций является то, что при этом нормализация параметров не является необходимой. То есть факторы производства могут использоваться каждый со своей размерностью.

1.2. Виды производственных функций

В теории производственных функций различают такие виды функций как: линейная производственная функция, степенная функция, логарифмическая функция, функция с постоянной эластичностью замещения факторов (CES), функция Леонтьева и т.д.[\[2\]](#)

Чаще всего в микроэкономике рассматривают простейшие двухфакторные производственные функции. Такие функции показывают зависимость объема выпуска от труда, капитала, и, иногда, коэффициента НТП. В представленной работе будут строиться многофакторные производственные функции, которые по сути своей

являются регрессиями, с наложенными на их коэффициентами условиями положительности.

Несколько основных видов производственных функций:

- Линейная $q = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$
- Экспоненциальная $q = e^{a_1x_1+a_2x_2+\dots+a_nx_n}$
- Степенная $q = A * x_1^{a_1} * x_2^{a_2} + \dots + x_n^{a_n}$
- Обратная $q = \frac{1}{a_1x_1+a_2x_2+\dots+a_nx_n}$
- CES-функция $q = (a_1x_1^s + a_2x_2^s + \dots + a_nx_n^s)^{1/s}$

Для построения производственных функций по набору статистических значений используется метод наименьших квадратов, который удобно реализован в эконометрическом пакете Econometric Views(Eviews).

1.3. Построение производственных функций по основным экономическим и операционным показателям компании ОАО «НК «Роснефть»

Рассмотрим, как объем реализации нефти, объем реализации газа, средняя цена на нефть на внешнем рынке, объем спроса на нефть на мировом рынке, средний курс доллара в выбранном периоде и средняя цена на газ влияют на выручку от реализации компании (данные взяты по международным стандартам финансовой отчетности). Объем реализации и доход/убытки ассоциированных и совместных предприятий является одним из основных финансовых показателей деятельности компании.

Построим уравнения регрессий для моделирования выручки от реализации компании ОАО «НК «Роснефть». Статистические данные по

значениям факторов производства и выручке от реализации были взяты из квартальных отчетов с официального сайта компании[1] в период с 2012-2015гг. (Таблица 1.)

Вектор факторов производства имеет вид $X = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)$,

где:

q – выручка от реализации компании за прошедший квартал,

x_1 – объем реализации нефти (млн. барр.),

x_2 – объем реализации газа (тыс. барр. н.э.),

x_3 – средняя цена на нефть марки Urals на внешнем рынке в выбранном периоде (тыс. руб./барр.),

x_4 – средний объем спроса на нефть в мире в выбранном периоде (млн. барр.),

x_5 – средний курс доллара к рублю в выбранном периоде (руб.),

x_6 – средняя цена на газ в выбранном периоде (тыс. руб./куб.м.).

	q	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
2012.1	748	116.2	2.76	3.54	8066	30.26	1.78
2012.2	718	125.1	2.66	3.3	8092	31.01	1.92
2012.3	809	123.7	2.76	3.49	8182	32.01	2.14
2012.4	790	124.4	2.9	3.38	8277	31.08	2.05
2013.1	812	137.7	4.12	3.37	8186	30.41	2.09
2013.2	1176	212	8.5	3.23	8223	31.61	2.1
2013.3	1350	203.2	11.9	3.6	8328	32.8	2.97
2013.4	1356	213.6	14.55	3.53	8362	32.53	2.79
2014.1	1375	206.1	14.44	3.72	8252	34.96	2.86

2014.2	1435	212	11.32	3.77	8258	35	3.13
2014.3	1382	209.5	14.7	3.66	8375	36.19	2.79
2014.4	1311	193.4	16.07	3.57	8441	47.42	3.1
2015.1	1288	208	15.93	3.28	8419	62.19	3.18
2015.2	1312	212.6	13.27	3.25	8382	52.65	3.06
2015.3	1296	211.7	13.51	3.11	8480	62.98	3.16

Таблица 1. Статистические данные необходимые для построения модели

Для определения зависимости выручки от реализации рассматриваемого предприятия от описанных выше факторов, построим производственные функции следующих видов: линейную, степенную, экспоненциальную и CES-функцию, параметры которых определяются с помощью метода наименьших квадратов.

Для построения воспользуемся упомянутым выше пакетом Eviews. Построенные функции выглядят следующим образом:

Линейная функция:

$$q = 4,58 * x_1 + 5.24 * x_2 + 198.06 * x_3 - 0.09 * x_4 - 1.1 * x_5 + 148.69 * x_6$$

Ces-функция:

$$q = (0,887 * x_1^{0,1} + 0,071 * x_2^{0,1} + 1,174 * x_3^{0,1} - 0,586 * x_4^{0,1} + 0,010 * x_5^{0,1} + 0,494 * x_6^{0,1})^{\frac{5}{0,1}}$$

Степенная функция:

$$q = x_1^{0,846} * x_2^{0,0015} * x_3^{0,9097} * x_4^{0,185} * x_5^{0,1234} * x_6^{0,062}$$

Экспоненциальная функция:

$$q = e^{0,006x_1 - 0,0099x_2 + 0,446x_3 + 0,0005x_4 + 0,003x_5 - 0,021x_6}$$

Выбирать наилучшую с точки зрения точности приближения функцию будем из расчета минимизации стандартной ошибки регрессии (Std. Error.) и суммы квадратов остатков (θ).

Исходя из этих условий, можем сделать вывод, что наилучшей в нашем случае является степенная производственная функция. Для неё стандартная ошибка регрессии, сумма квадратов остатков и коэффициент детерминации равны 0,024; 0,005 и 0,994 соответственно.

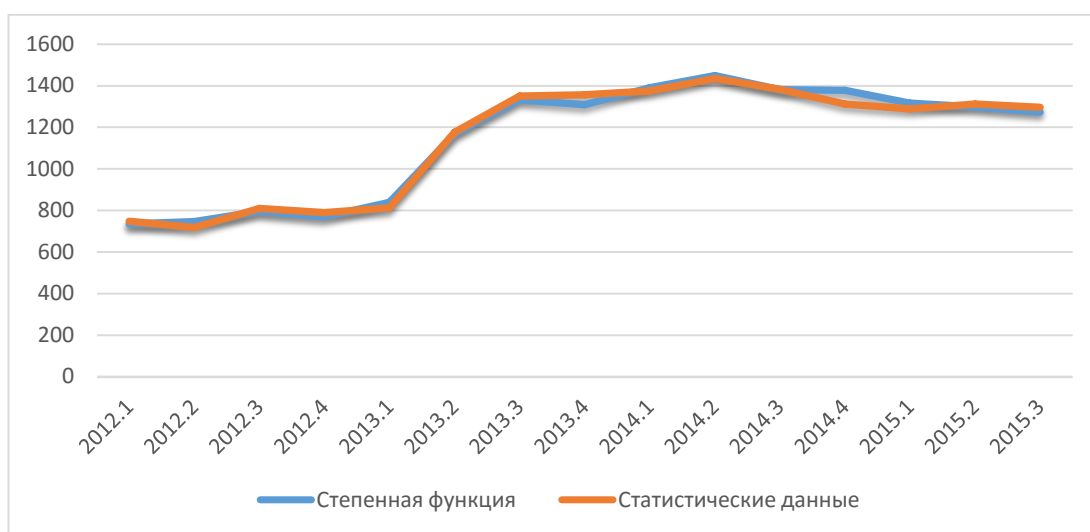


Рис. 1. Аппроксимация статистических данных степенной производственной функцией

1.4. Характеристики производственной функции

Рассматриваемая функция имеет вид:

$$q = x_1^{0,846} x_2^{0,002} x_3^{0,91} x_4^{0,185} x_5^{0,123} x_6^{0,062}.$$

Рассмотрим некоторые основные характеристики выбранной производственной функции.[2] Для экономического анализа полезны следующие характеристики ПФ, отражающие свойства технологии:

1) *Предельные эффективности ресурсов:*

$$\frac{\partial q}{\partial x_1} = \frac{0,846}{x_1^{0.1543}};$$

$$\frac{\partial q}{\partial x_2} = \frac{0,002}{x_2^{0.998}};$$

$$\frac{\partial q}{\partial x_3} = \frac{0,91}{x_3^{0.09}};$$

$$\frac{\partial q}{\partial x_4} = \frac{0,19}{x_4^{0.82}};$$

$$\frac{\partial q}{\partial x_5} = \frac{0,123}{x_5^{0.88}};$$

$$\frac{\partial q}{\partial x_6} = \frac{0,061}{x_6^{0.94}}.$$

Предельные эффективности характеризуют увеличение выпуска при увеличении объемов привлекаемых ресурсов.

2) *Эластичность выпуска по ресурсам:*

$$\varepsilon(q, x_1) = \frac{\partial \ln f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)}{\partial \ln x_1} = 0,85 ;$$

$$\varepsilon(q, x_2) = \frac{\partial \ln f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)}{\partial \ln x_2} = 0,002 ;$$

$$\varepsilon(q, x_3) = \frac{\partial \ln f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)}{\partial \ln x_3} = 0,91 ;$$

$$\varepsilon(q, x_4) = \frac{\partial \ln f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)}{\partial \ln x_4} = 0,185 ;$$

$$\varepsilon(q, x_5) = \frac{\partial \ln f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)}{\partial \ln x_5} = 0,123 ;$$

$$\varepsilon(q, x_6) = \frac{\partial \ln f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)}{\partial \ln x_6} = 0,062 .$$

Коэффициент эластичности выпуска показывает, на сколько процентов увеличится выпуск, если объем привлеченного ресурса возрастет на 1%.

3) *Общий коэффициент эластичности выпуска:*

$$\begin{aligned}\varepsilon(q) &= \varepsilon(q, x_1) + \varepsilon(q, x_2) + \varepsilon(q, x_3) + \varepsilon(q, x_4) + \varepsilon(q, x_5) + \\ &\varepsilon(q, x_6) = 2,127.\end{aligned}$$

Этот коэффициент характеризует процентное увеличение выпуска при увеличении затрат всех ресурсов на 1%.

4) *Показатель отдачи на масштаб*

$$\gamma = \varepsilon(q).$$

Отдача на масштаб является: убывающей, если $\gamma < 1$, постоянной, если $\gamma = 1$, и возрастающей, если $\gamma > 1$. В нашем случае показатель отдачи на масштаб $\gamma > 1$, для любых значений факторов $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$. Это означает, что сбалансированный рост объема всех факторов приводит ко все большему росту показателей выручки от реализации, что характерно для развивающейся экономики.

1.5. Прогнозирование значений параметров

Для прогнозирования значения максимального выпуска продукции/деятельности компании могут использоваться функции полезности[10].

Определение 3. Рассмотрим векторы $Y_1 = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)$ и $Y_2 = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)$. Вещественнозначная функция называется функцией полезности, если $\forall Y_1, Y_2 \in X: Y_1 \succeq Y_2 \Leftrightarrow q(Y_1) \geq q(Y_2)$.

Данное условие выполняется – значения функции из предыдущего параграфа возрастают при увеличении значений факторов:

$$f(Y_1) < f(Y_2) \text{ при } Y_1 < Y_2,$$

следовательно, можно рассматривать выбранную в предыдущем пункте функцию, как функцию полезности. Построим прогноз значений на 1 квартал 2016 года для каждого фактора по отдельности. В силу того, что прогноз строится на ближайший квартал, допустимо использование регрессий.

Аппроксимирующие функции для каждого фактора выглядят следующим образом:

$$x_1 = 0,002k^6 - 0,075k^5 + 1,24k^4 - 10,09k^3 + 41,8k^2 - 80,27k + 259,5 \quad R^2 = 0,88,$$

$$x_2 = 0,005k^5 - 0,13k^4 + 1,34k^3 - 6,18k^2 + 13,09k + 2,132, \\ R^2 = 0,924,$$

Где $k = \overline{1,11}$.

В силу значимости факторов объема реализации нефти и объема реализации газа, и так как они необходимы в следующих параграфах данной работы, с помощью полученных уравнений регрессии вычислим для этих факторов прогнозные значения на следующий квартал:

$$x_1 = 221,55 \text{ (млн. барр.)},$$

$$x_2 = 28,04 \text{ (млрд. куб. м.)}.$$

Перейдём к рассмотрению стратегий развития компании под влиянием риска или неопределённости.

Глава 2. Принятие решений в условиях риска и неопределенности

2.1. Матричные игры с природой в условиях неполноты информации

Любая человеческая деятельность, так или иначе, связана с риском. В зависимости от степени неизвестности предстоящего поведения исходных параметров при принятии решений различают условия риска, в которых вероятность наступления отдельных событий, влияющих на конечный результат, может быть установлена с той или иной степенью точности, и условия неопределенности, в которых из-за отсутствия необходимой информации такая вероятность не может быть установлена.

Один из способов оценки риска в условиях неполноты информации реализуется в рамках так называемой «игры с природой». Особенностью рассматриваемой матричной игры является то, что один участник играет осознанно против другого, а второй игрок, в свою очередь, случайным образом.

При нахождении решения в играх с природой достаточным является нахождение оптимальных рекомендаций только для игрока A , выбирающего наилучшую для себя альтернативу из множества сценариев A_1, \dots, A_m , в силу того, что «природа» не нуждается в рекомендациях, так как развивается по некоторым законам независимо от того, насколько это будет удобно для первого игрока.

Определение 3 Пусть игрок I имеет m возможных стратегий A_1, \dots, A_m , а природа – n возможных стратегий P_1, \dots, P_n , тогда матрица выигрышей первого игрока имеет вид:

$$A = \begin{pmatrix} & \Pi_1 & \Pi_2 & \dots & \Pi_n \\ A_1 & a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ A_2 & a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_m & a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}.$$

Предполагается, что игрок А в состоянии адекватно оценить результаты развития событий, при выборе им каждой из своих возможных стратегий A_i , при $i = \overline{1, m}$, при каждом из возможных состояний природы Π_j , при $j = \overline{1, n}$, которые называются выигрышами, и выражаются количественно действительными числами a_{ij} . Представленную выше матрицу также называют матрицей выигрышей или платежной матрицей.

Определение 4 *Риском r_{ij} игрока А, при выборе стратегии A_i и при определенном состоянии природы Π_j , будем называть разность между максимальным выигрышем $\max_i a_{ij}, i \in [1, m]$, который он мог бы получить, заранее точно зная, что природа примет состояние Π_j и тем выигрышем, который он может получить, при выборе стратегии A_i , не имея информации о том, какое из состояний примет природа. Таким образом, элементы матрицы рисков определяются следующим образом:*

$$r_{ij} = \beta_j - a_{ij}, r_{ij} \geq 0,$$

где β_j – максимальный из возможных выигрышей игрока А, при состоянии природы Π_j .

Рассмотрим несколько основных критериев, используемых в условиях неопределенности для оценки эффективности рассматриваемых стратегий, при отсутствии информации о вероятностях состояний природы.[\[4\]](#)

Критерий максимакса

Здесь в качестве оптимальной стратегии выбирается та, которая максимизирует максимальный выигрыш игрока 1:

$$W = \max_i \max_j a_{ij}, \quad i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}.$$

Критерий Вальда (максиминный критерий)

В соответствии с критерием Вальда, игрок ориентируется на наихудшее для него проявление состояний природы и выбирает осторожное поведение при принятии решения:

$$W = \max_i \min_j a_{ij}, \quad i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}.$$

Критерий Сэвиджа (минимаксный критерий)

В отличие от критерия Вальда, игрок, принимающий решение, руководствуется матрицей рисков, выбирая при этом стратегию получения наилучшего исхода из всех неудачных:

$$W = \min_i \max_j r_{ij}, \quad i \in [1, m], j \in [1, n]$$

Критерий Гурвица (критерий пессимизма-оптимизма)

В данном критерии при выборе решения предлагается руководствоваться неким компромиссом состояний крайнего оптимизма и крайнего пессимизма. В качестве оптимальной стратегии, в этом случае берется величина:

$$W = \max_i (\lambda \min_j a_{ij} + (1 - \lambda) \max_j a_{ij}), \quad i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n},$$

где λ - коэффициент пессимизма, $\lambda \in [0, 1]$.

Критерий произведений

Используется в случаях, когда все элементы матрицы выигрышей $a_{ij} > 0, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$. При использовании критерия произведений оптимальная стратегия определяется следующим образом:

$$W = \max_i W_i = \max_i \prod_{j=1}^n a_{ij}, i = \overline{1, m}$$

2.2. Исследование механизма принятия решений в условиях риска и неопределенности на примере ОАО «НК «Роснефть»

Политическая и экономическая ситуации в мире неоднозначны и постоянно меняются. Прогнозирование валютных курсов и котировок нефти является отдельной, нетривиальной задачей, в связи с чем будем использовать упрощенный подход, рассматривая курс доллара как случайную величину (с.в). Проанализировав данные по значениям курса доллара к рублю 2015 года, было выявлено, что рассматриваемая с.в. распределена нормально [8]. Доверительный интервал для математического ожидания нормально распределенной случайной величины:

$$\bar{x} - u_{1-\varepsilon/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < a < \bar{x} + u_{1-\varepsilon/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} - \text{при известной дисперсии,}$$

где: \bar{x} – среднее значение выборки, $u_{1-\varepsilon/2}$ – квантиль нормального распределения, $1 - \varepsilon$ - уровень доверия, σ – среднее квадратичное отклонение, n – количество элементов выборки, a – математическое ожидание с.в.

Таким образом, доверительный интервал для значения курса:

$$P\{63,106 \leq a \leq 65,2204\} = 0,95.$$

При прочих равных, средняя цена на нефть при попадании значения курса в доверительный интервал[6]:

$$Pr \approx 2,91.$$

Так как спрос на продукцию определяется рынком, а не игроком в отдельности, рассмотрим ситуацию, в которой за состояния природы возьмем спрос на нефть, равный объему реализации нефти компанией, в предположении, что игрок А – компания Роснефть покрывает весь потенциальный спрос. Можно сделать это предположение в связи с тем, что для компании выгоднее экспортировать нефть за рубеж, чем реализовывать её на внутреннем рынке или перерабатывать на нефтепродукты. В качестве стратегий будем рассматривать предложение игрока А.

Значения состояний природы возьмем как значения объема реализации за 4 квартала 2015 года – $\Pi_i, i = \overline{2,5}$, а так же прогнозные значения из пункта 1.5 – $\Pi_i, i = \overline{1,6}$.

Где $A_i = \Pi_i, i = \overline{1,6}$.

Π_1	Π_2	Π	Π_4	Π_5	Π_6
190	193,4	208	212,6	211,7	221,6

Таблица 2. Значения состояний природы (нефть)

Если спрос на нефть равен предложению, элементы матрицы выигрышей будут рассчитываться следующим образом:

$$a_{ij} = A_i * Pr - A_i * \mu, i = \overline{1,m}, j = \overline{1,n},$$

если уровень спроса превышает объем добываемой на реализацию нефти, тогда, в силу того, что компания не может удовлетворить спрос на нефть, она понесет убыток в виде недополученной прибыли, и тогда:

$$a_{ij} = A_i * Pr - A_i * \mu - (P_i - A_i) * (Pr - \mu), i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n},$$

в случае, если объем добываемой на реализацию нефти больше уровня спроса, компания понесет затраты от оставшейся нереализованной нефти:

$$a_{ij} = P_i * (Pr - \mu) - (A_i - P_i) * \mu, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n},$$

где:

A_i - объем реализации нефти (млн. барр.),

P_i - уровень спроса (млн. барр.),

Pr - прогнозируемая цена нефти при рассмотрении её как с.в. (руб.),

μ - среднее значение капитальных затрат на добычу нефти (руб./барр.н.э.).

Тогда матрица выигрышей будет выглядеть следующим образом:

$$A = \begin{pmatrix} & P_1 & P_2 & P_3 & P_4 & P_5 & P_6 \\ A_1 & 490390 & 481615 & 443932 & 432059 & 434382 & 412960 \\ A_2 & 489295 & 499165 & 461483 & 449610 & 451933 & 430511 \\ A_3 & 484594 & 494464 & 536848 & 524975 & 527298 & 505876 \\ A_4 & 483113 & 492983 & 535367 & 548721 & 546108 & 529621 \\ A_5 & 483403 & 493273 & 535657 & 544075 & 546398 & 524975 \\ A_6 & 480730 & 490600 & 532984 & 546338 & 543725 & 567820 \end{pmatrix}$$

Перед тем, как начать анализ, построим матрицу рисков, позволяющую точнее определить преимущество одной из выбранных стратегий над другой, при одном из рассматриваемых состояний природы.

Матрица рисков для рассматриваемой игры:

$$R = \begin{pmatrix} 0 & 17551 & 92916 & 116661 & 112015 & 154860 \\ 1095 & 0 & 75365 & 99110 & 94465 & 137309 \\ 5796 & 4701 & 0 & 23745 & 19099 & 61944 \\ 7277 & 6182 & 1481 & 0 & 290 & 38199 \\ 6987 & 5893 & 1191 & 4646 & 0 & 42845 \\ 9660 & 8565 & 3864 & 2383 & 2673 & 0 \end{pmatrix}$$

Рассчитаем показатели эффективности стратегий с помощью критериев максимакса (критерий «крайнего оптимизма»), Вальда (максиминный критерий), Сэвиджа (минимаксный критерий), Гурвица (критерий пессимизма-оптимизма) и критерия произведений.

Данные результатов расчетов представлены в таблице:

	максимакс	Вальда	Сэвиджа	Гурвица	Произведений
A1					
A2					
A3		484594			
A4				535256	
A5					
A6	571950		10175		$2,12 \cdot e^{34}$

Таблица 3. Результаты применения критериев (нефть)

Проведя те же вычисления для выбора оптимальной стратегии реализации газа, получили следующие результаты:

P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6
13	13,27	13,51	15,93	16,97	17

Таблица 4. Значения состояний природы (газ)

Где $P_i = A_i, i = \overline{1,6}$.

P_i – спрос на газ (млрд. куб. м),

A_i – объем реализации газа (млрд. куб. м).

Матрица игры:

$$A = \begin{pmatrix} & \Pi_1 & \Pi_2 & \Pi_3 & \Pi_4 & \Pi_5 & \Pi_6 \\ A_1 & 38,22 & 37,43 & 36,72 & 29,60 & 29,19 & 26,46 \\ A_2 & 38,1 & 39,01 & 38,31 & 31,19 & 30,78 & 28,05 \\ A_3 & 38,01 & 38,92 & 39,72 & 32,6 & 32,19 & 29,46 \\ A_4 & 37,02 & 37,92 & 38,73 & 46,83 & 46,42 & 43,68 \\ A_5 & 36,96 & 37,87 & 38,67 & 46,78 & 47,25 & 44,51 \\ A_6 & 36,58 & 37,48 & 38,28 & 46,39 & 46,86 & 49,98 \end{pmatrix}$$

Матрица рисков:

$$R = \begin{pmatrix} 0 & 1,59 & 2,99 & 17,23 & 18,05 & 23,52 \\ 0,11 & 0 & 1,41 & 15,64 & 16,464 & 21,93 \\ 0,21 & 0,09 & 0 & 14,22 & 15,05 & 20,52 \\ 1,2 & 1,09 & 0,99 & 0 & 0,082 & 6,29 \\ 1,26 & 1,15 & 1,05 & 0,06 & 0 & 5,47 \\ 1,64 & 1,53 & 1,43 & 0,49 & 0,38 & 0 \end{pmatrix}$$

Таблица оптимумов по критериям:

	Максимакс	Вальда	Сэвиджа	Гурвица	Произведений
A1					
A2					
A3					
A4		37,0187			
A5				47,084	
A6	54,5		2,2714		5754 млрд.

Таблица 5. Результаты применения критериев (газ)

Используя полученные оптимальные стратегии (в обоих случаях это стратегии увеличения объемов реализации нефти и газа), и подставив их в модель из пункта 1.3, получим прогнозное значение выручки от реализации компании по оптимальным стратегиям на первый квартал 2016 года:

$$q = 1323.5 \text{ (млрд. руб.)}$$

Выводы

В результате применения пяти критериев для определения оптимальной стратегии реализации нефти в условиях неопределенности и риска, три из них рекомендуют использование стратегии A_6 , критерий Вальда, при котором игрок выбирает стратегию получения наилучшего исхода из всех неудачных, рекомендует стратегию A_3 как оптимальную, а критерий Гурвица с коэффициентом пессимизма 0,4 рекомендует стратегию A_4 .

В условиях ежегодного возрастания объема спроса на нефть в мире не приходится сомневаться в наступлении состояния природы P_6 .

В свою очередь, для стратегии реализации газа четыре критерия рекомендуют использование стратегии A_6 , и по одному – использовать стратегии A_4 и A_5

Так же стоит принять во внимание, что принятие решения в пользу одной из стратегий, определяется отношением к риску лица принимающего решение, в результате чего полученные стратегии носят субъективный характер.

Заключение

В настоящей работе были исследованы закономерности, действующие в процессе реализации нефти и газа на примере ОАО «НК «Роснефть». Собрано и проанализировано большое количество статистических данных из отчетности компании. Выделены основные факторы, от которых зависит прибыль от реализации продукции компанией.

С помощью аппарата производственной функции были построены различные виды производственных функций и выбрана одна из них в качестве аппроксимирующей, характеризующей выручку от реализации нефти.

Поставлена и решена задача выбора оптимальной стратегии развития в условиях риска и неопределенности в рамках «игры с природой». Рассмотрены различные виды критериев принятия оптимального решения, изучен вопрос применения их в условиях неполноты информации. С помощью матрицы рисков оценены риски каждой из рассмотренных стратегий при принятии решений.

Литература

1. Официальный сайт компании ОАО «НК «РОСНЕФТЬ», <http://www.rosneft.ru/>.
2. Колбин В. В. Производственная функция и ее свойства. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2008.
3. Савицкая Е. В. Курс лекций по макроэкономике. М.: 2002.
4. Колбин В.В., Белоносова И.Ю.. Анализ рисков в страховании. Санкт-Петербург, 2006.
5. Электронный ресурс администрации энергетической информации <https://www.eia.gov/>.
6. Электронный ресурс <http://www.interfax.ru/>.
7. Mas-Colell A., Whinston M., Green J. Microeconomic theory. Oxford University Press, 1995.
8. Гмурман В.Е. Теория вероятности и математическая статистика.
9. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. М.:Радио и связь, 1981.
10. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений. М.: Наука, 1978.

Приложения

