

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт информационных технологий и управления в технических системах  
(полное название института)

кафедра «Информационные системы»  
(полное название кафедры)

## Пояснительная записка

к курсовой работе  
по дисциплине «Системный анализ»

на тему \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Выполнил: студент III курса, группы: ИС/б- о

Направления подготовки (специальности) 09.03.02

Информационные системы и технологии  
(код и наименование направления подготовки (специальности))  
профиль (специализация) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество студента)

Руководитель \_\_\_\_\_  
(фамилия, инициалы, степень, звание, должность)

Защита «    » \_\_\_\_\_ 20      г. Оценка \_\_\_\_\_

Руководитель \_\_\_\_\_  
(подпись) (инициалы, фамилия)

Ведущий преподаватель \_\_\_\_\_  
(подпись) (инициалы, фамилия)

20      г.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ.....	5
1 СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРЕДПРИЯТИЯ .....	6
1.1 Построение модели «черного ящика» исследуемой системы .....	6
1.2 Формирование требований(ограничений) к исследуемой системе .....	7
1.3 Формирование проблемных ситуаций в функционировании системы .....	7
1.4 Формирование основных целей системы в целом.....	9
1.5 Построение иерархической содержательной модели исследуемой системы	10
1.6 Определение места системы в системе классификаций .....	11
1.7 Техничко-экономический анализ .....	12
2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ПО ДИСКРЕТНЫМ ЗНАЧЕНИЯМ.....	13
3 СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПРИНЯТИЮ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ РИСКА И НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ.....	17
3.1 Эффективность и риск вероятностных операций в условиях их определенности: системный подход.....	17
3.2 Эффективность и риск вероятностных операций в условиях полной или частичной неопределенности: системный подход .....	19
3.3 Выбор наилучшего решения в условиях полной определенности .....	20
3.4 Выбор наилучшего решения в условиях частичной неопределенности .....	22
3.5 Выбор наилучшего решения в условиях полной неопределенности .....	24

4 ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ РИСКА НА ЗНАЧЕНИЕ ЦЕЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ В ЗАДАЧЕ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ДВУХ КОАЛИЦИЙ .....	29
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	34
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	35
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	36

## **ВВЕДЕНИЕ**

Системный анализ – совокупность методологических средств, используемых для подготовки и обоснования решений по сложным проблемам политического, военного, социального, экономического, научного и технического характера.

Он применяется для исследования различных организаций. Помогает решить проблемы, стоящие перед этими организациями. Позволяет свести решение сложной задачи к четкой последовательности простых задач, прийти к решению проблем, возникших, или тех, которые могут возникнуть на пути существования и жизнедеятельности организации.

Целью данной курсовой работы является углубление знаний в области анализа и оценки систем. А также определение влияния факторов риска на значение целевой функции в задаче противодействия двух коалиций.

В данной работе приведена процедура системного анализа винзавода, потом проводится восстановление вида функции по дискретным значениям выборки и системный подход к принятию решений в условиях риска и неопределенности, а также оценка влияния факторов риска на показатели функций двух коалиций.

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

1. Системный анализ предприятия. При реализации данного пункта необходимо провести процедуру системного анализа предприятия, заданного по варианту. Вариант №11;

2. По дискретным значениям выборки необходимо восстановить вид функции, которая производится по нормальному закону, с заданным математическим ожиданием и среднеквадратичным отклонением;

3. Системный подход к принятию решений в условиях риска и неопределенности. Необходимо проанализировать решения, и выбрать наиболее оптимальное для лица, принимающего решение в условиях риска и неопределенности (полной или не полной);

4. Оценить влияния факторов риска на значения целевых функций в задаче противодействующих коалиций.

## 1 СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРЕДПРИЯТИЯ

### 1.1 Построение модели «черного ящика» исследуемой системы

Объектом системного анализа, проведенного в данной работе стал коммерческий винзавод, который производит и реализует натуральные, столовые и игристые *вина*. Также анализируемый винный завод выращивает различные сорта винограда и собирает их для последующей продажи или обработки. На рисунке 1.1 изображены элементы окружающей среду, которые взаимодействуют с системой.

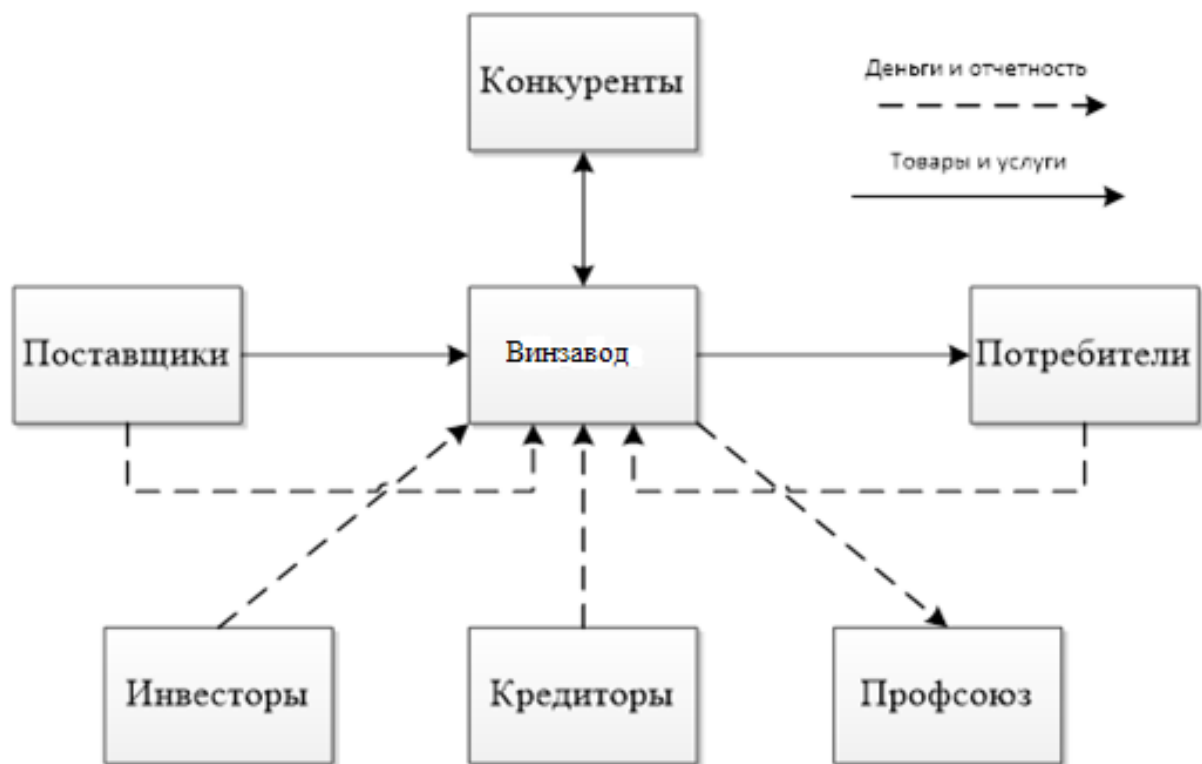


Рисунок 1.1 – Отношения предприятия с окружающей средой

## 1.2 Формирование требований(ограничений) к исследуемой системе

Сформируем список таких требований:

1. Требования, предъявляемые техническим регламентом на алкогольную продукцию
2. Требования на продажу алкогольной продукции, в том числе акциз
3. Требования, направленные на ограничение рекламы алкогольных напитков
4. Требования, направленные на ограничение оборота алкогольной продукции
5. Требования, направленные на качество

## 1.3 Формирование проблемных ситуаций в функционировании системы

Производство вина связано со многими факторами риска, такими как:

– Температурный фактор

В числе факторов, существенным образом влияющих на брожение вина, первое место занимает температура: сусло, перебродившее при температуре погреба в 15—20 °С (12—16° R.), даёт лучшее по качеству вино.

Температура сусла до и во время брожения, достоинство сусла и размеры бочки, в которую оно налито, должны быть приняты в соображение:

- сусло холодное или богатое сахаром и маленькие бочки требуют и более высокую температуру окружающего воздуха — подвал должен быть нагрет до 20 °С = 16° R.;
- наоборот, можно довольствоваться 15 °С = 12° R., когда температура сусла выше 12 °С = 9°,6 R. или сусло кислое, вообще плохого качества (такое сусло, как это мы увидим ниже, бурнее бродит и обладает большей силой самонагревания), наконец, когда брожение происходит в больших бочках;
- низкая температура (9—10 °С) погреба задерживает брожение;

- высокая же (25—30 °C), иногда полезная в начале брожения, может принести вред, когда в сусле образовалось несколько процентов алкоголя.

#### — Дрожжевой фактор

Количество дрожжей, которыми обуславливается правильное и полное брожение, находится в зависимости как от качества самого сусла, так и от более или менее продолжительного доступа воздуха, температуры окружающей среды и т. п. Сусло, полученное из не вполне созревшего винограда или из винограда, растущего на хорошо удобренной или тучной почве, также оставленное некоторое время с кожурой, бурнее и совершеннее бродит. Воздух, или, вернее, кислород воздуха благотворно действует на брожение до тех пор, пока в сусле находится ещё много питательных веществ; по мере израсходования последних образуются крайне мелкие дрожжевые клеточки, служащие потом причиной долгого сохранения в вине мути. Быстрому ходу брожения можно в значительной степени способствовать периодическим взмешиванием дрожжей, которые, оседая на дно, не в состоянии проявить полной своей энергии, а нижние слои почти не функционируют. Взмешивать сусло можно цепью, лопатами, а ещё лучше — набросать в него немного здоровых цельных ягод винограда. При этом сусло постоянно и автоматически перемешивается: ягоды, поднимаясь в бродящей жидкости вверх, нарушают связь между клеточками и увлекают за собой дрожжи. С целью ускорения брожения сусло иногда проветривают, то есть вводят в него воздух. Это достигается или перемешиванием веслами или тому подобными приёмами, или же особым аппаратом.

#### — Погодные условия

Состояние погоды во время сбора винограда и даже время суток, в который производится сбор ягод, оказывают значительное влияние на качество вина.

- Сбор винограда во время дождя не допускается, иначе сусло будет разжижено, вино получится очень мягкое с невыраженными вкусовыми качествами; кроме того, вино из загрязнённых ягод, что неизбежно во время дождя, будет ниже по достоинству и легко подвергается порче; не следует также собирать виноград в туманную погоду и рано утром, когда на нём ещё лежит роса.



## 1.4 Формирование основных целей системы в целом

Цели системы банк РНКБ можно разбить по категориям: финансы, клиенты и продукты, бизнес-проекты, персонал и ресурсы. Обоснуем выбор таких категорий:

1. Финансы. Рентабельность капитала – это отношение чистой прибыли на собственный капитал. Имея большой капитал, у винзавода уменьшается риск возникновения проблем, связанных с закупкой сырья и затратами на амортизацию оборудования. И, конечно же, чем больше капитал у винзавода, тем лучше его репутация, то есть большой капитал гарантирует винзаводу стабильность. Источником чистой прибыли выступает доход от продаж конечного продукта. Естественно, что стоимость конечного продукта должна превышать совокупную стоимость производства и ресурсов, на него затраченных, с учётом всех акцизных сборов на алкогольную продукцию.

2. Клиенты и продукты. Привлечение новых потребителей к продукции винзавода и увеличение репутации марки означает увеличение спроса на предоставляемую продукцию, а соответственно – приумножение дохода завода.

3. Бизнес-процессы. Чтобы адекватно реагировать на изменения внешней среды и оставаться конкурентоспособной, компании нужно регулярно проводить оптимизацию бизнес-процессов. Это не быстрый процесс, ведь даже в средней по размерам компании количество бизнес-процессов может достигать нескольких тысяч.

4. Персонал и ресурсы. Процесс производства вина крайне сложен и мелкие ошибки в виде превышения допустимой температуры недопустимы, а от работы маркетингового отдела напрямую зависит имидж марки и завода в целом. Удержание и привлечение квалифицированных сотрудников говорит много о компании. Потому работник, который ценит свое рабочее место, скорее всего, тщательнее будет выполнять свои обязанности.

На рисунке 1.2 изобразим описанное выше.

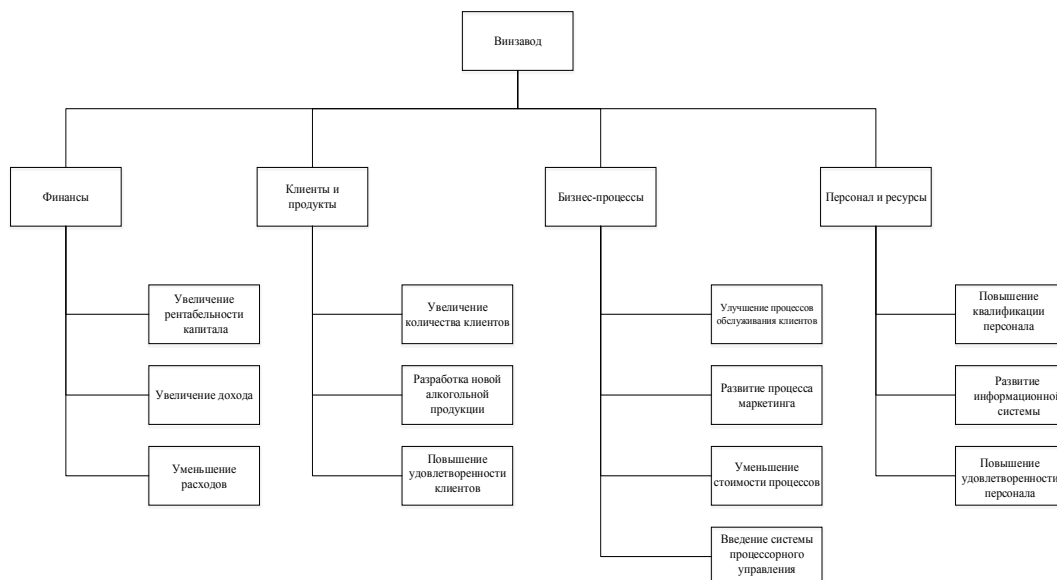


Рисунок 1.2 – Дерево целей исследуемой системы

## 1.5 Построение иерархической содержательной модели исследуемой системы

На рисунке 1.3 показана структура системы. Как видно из рисунка система является иерархически управляемой. Во главе банка стоит председатель правления, ниже финансовый, кредитный комитеты и службы внутреннего контроля. Они управляют такими направлениями работы как: направление продаж, направление банковских операции и управления рисками, бухгалтерия, направление поддержки банковских операций.

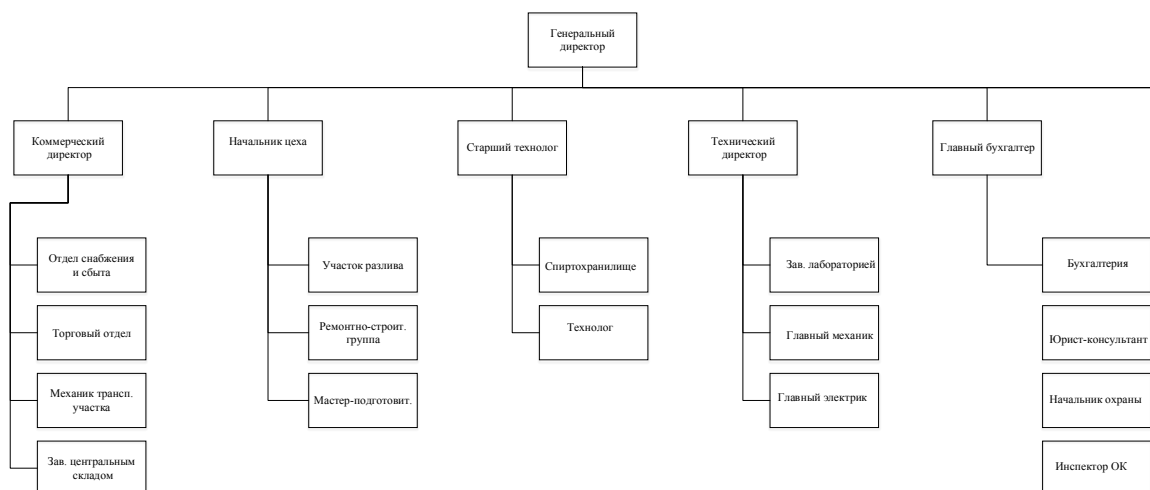


Рисунок 1.3 – Структура системы

## **1.6 Определение места системы в системе классификаций**

Классификация – это процесс группировки объектов исследования в соответствии с их общим признаком.

Исследуемая система является сложной, так как содержит в себе множество элементов и уровней, подчиненных по вертикали, имеет подсистемы, при этом является частью надсистемы.

Система является открытой, так как осуществляет взаимодействие с внешней средой, получая из неё ресурсы (материальные, финансовые, трудовые), и предоставляя внешней среде продукт своей деятельности. Такая система характеризуется широким набором связей с внешней средой.

Винзавод – учреждение, в котором взаимодействуют как естественные (работники предприятия, клиенты), так и искусственные (техническая база, денежные средства) подсистемы, поэтому по субстанциональному признаку система относится к смешанной.

По виду выполняемых функций относится к многофункциональной. Система винзавода выполняет ряд важных функций: сбор и предварительное хранение винограда, последующее его брожение в бочках, периодическое доливание вина при усушке, разливка перебродившего вина в бутылки и доставка конечным потребителям и точкам распространения.

По степени взаимодействия с внешней средой – открытой, так как система винзавода взаимодействует с внешними факторами, такими как политические, экономические, социальные.

По признаку управляемости относится к управляемой, т.к. содержит в своем составе и управляемую и управляющую части.

Поскольку организационная структура многоуровневая и уровни подчинены друг другу по вертикали, по типу структуры система относится к иерархической.

### 1.7 Техничко-экономический анализ

Объём производства крепленых ординарных виноградных вин в системе винпрома составляет более 80% всего выпуска виноградных вин. Удельный вес производства ординарных крепленых и сухих вин в общем объёме производства виноградных вин в бутылках составляет 96,7%. Удельный вес марочных вин, значительно превышающих по трудоёмкости ординарные вина, мал – 3,3%. Трудоёмкость бочкового вина намного ниже трудоёмкости вина, разлитого в бутылки, но удельный вес производства такого вина невелик – 6,1%.

Большое влияние на экономические показатели заводов вторичного виноделия оказывают потери вина в производстве. Поэтому важно в показателях эффективности производства отразить экономию материальных затрат, в которой доминирует экономия виноматериалов (сырья).

Таблица 1.1 – Система показателей эффективности производства винзавода

№	Показатель	Годы	
		2015	2016
1	Темп роста производства чистой продукции, %	--	104,6
2	Общая рентабельность предприятия, %	133,8	129,9
3	Затраты на 1 руб. товарной продукции, руб.	0,79	0,78
4	Производство чистой продукции на 1 руб. затрат, руб.	1,27	1,28
5	Производительность труда, руб./чел.,	73,84	81,02
6	Темп роста производительности труда, %	109,1	109,7
7	Темпы роста численности промышленно-производственного персонала, %	--	95,3
8	Доля прироста продукции в результате роста производительности труда, %	--	8,87
9	Темп роста производственных фондов, %	129,06	101,97
10	Относительная экономия основных фондов, %	--	103,58
11	Относительная экономия оборотных средств, тыс. руб	--	25,024
12	Оборачиваемость оборотных средств, дн.	21,44	21,38
13	Материальные затраты на 1 руб. товарной продукции, руб.	0,73	0,72
14	Относительная экономия материальных затрат, тыс. руб.	--	118,588

## 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ПО ДИСКРЕТНЫМ ЗНАЧЕНИЯМ

Анализ продуктов питания.

Лаборатория производит анализ продуктов, которые обрабатываются при определенной температуре  $X_1$  ( $t$ , °C), и в которые добавляются для увеличения срока годности определенные консерванты  $X_2$  (мг). В готовом продукте может содержаться некоторое количество нежелательных веществ  $Y$  (в долях к общей массе).  $X_1$  и  $X_2$  даны в относительных единицах (абсолютные значения  $t \in [60; 80]$ ; консервант  $X_2 \in [0,5; 1]$ ),  $Y$  - в абсолютных.

Необходимо определить зависимость  $Y = f(X_1, X_2)$  и установить значения  $X_1$  и  $X_2$ , которые обеспечивают номинал  $Y_{\text{ном.}} = 0,009; 0,010; 0,011; 0,01$  г. Определить ошибку  $\varepsilon$ , которая соответствует установленному номиналу  $Y_{\text{ном.}}$ .

Таблица 2.1 – Выборка дискретных значений

№	$X_{1i}$	$X_{2i}$	$Y_i$
1.	3	6	0,016
2.	3	6	0,015
3.	3	6	0,014
4.	6	4	0,014
5.	4	7	0,013
6.	4	7	0,013
7.	9	1	0,011
8.	9	1	0,012
9.	1	10	0,012
10.	1	10	0,017
11.	1	10	0,015
12.	9	2	0,009

Продолжение таблицы 2.1

№	X1i	X2i	Yi
13.	9	2	0,010
14.	2	9	0,014
15.	2	9	0,018
16.	2	9	0,016
17.	8	1	0,009
18.	5	5	0,013
19.	5	5	0,011
20.	5	5	0,014
21.	3	7	0,016
22.	4	6	0,012
23.	4	6	0,011
24.	7	3	0,013
25.	7	3	0,012
26.	2	8	0,011
27.	10	2	0,010
28.	10	2	0,009
29.	7	4	0,010
30.	7	4	0,011

На рисунке 2.1 показан график уравнения регрессии системы. Точки обозначают экспериментальные данные, которые были даны при постановки задачи.

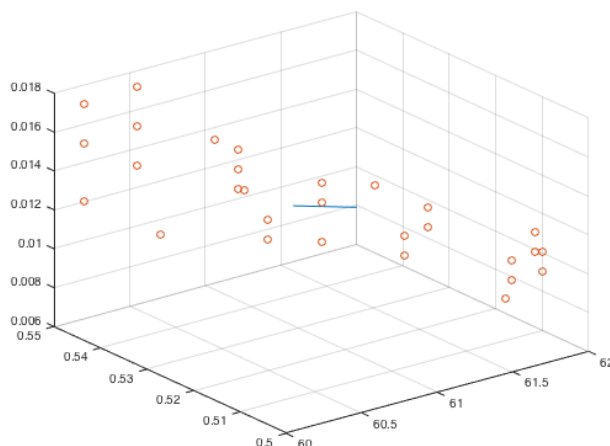


Рисунок 2.1 – График уравнения регрессии системы

На рисунке 2.2 показано полученное уравнение регрессии системы, вспомогательная таблица регрессионного анализа, значения параметров обеспечивающие номинал заданный в постанове задачи.

--- System regression:  
f(x1, x2) = 0.276 - 0.0359 x2 - 0.004 x1

index	X1	X2	Y	X1sqr	X2sqr	YX1	YX2	X1X2	Ysqr	Y2	Y_Y2	Y_Y2sqr	A
[ 1]	60.6	0.53	0.016	3672.4	0.2809	0.9696	0.00848	32.118	0.000256	0.014234	0.0017657	3.1176e-06	11.036
[ 2]	60.6	0.53	0.015	3672.4	0.2809	0.909	0.00795	32.118	0.000225	0.014234	0.00076568	5.8627e-07	5.1046
[ 3]	60.6	0.53	0.014	3672.4	0.2809	0.8484	0.00742	32.118	0.000196	0.014234	-0.00023432	5.4904e-08	1.6737
[ 4]	61.2	0.52	0.014	3745.4	0.2704	0.8568	0.00728	31.824	0.000196	0.012192	0.0018076	3.2674e-06	12.911
[ 5]	60.8	0.535	0.013	3696.6	0.28623	0.7904	0.006955	32.528	0.000169	0.013254	-0.00025445	6.4744e-08	1.9573
[ 6]	60.8	0.535	0.013	3696.6	0.28623	0.7904	0.006955	32.528	0.000169	0.013254	-0.00025445	6.4744e-08	1.9573
[ 7]	61.8	0.505	0.011	3819.2	0.25503	0.6798	0.005555	31.209	0.000121	0.01033	0.00066994	4.4882e-07	6.0904
[ 8]	61.8	0.505	0.012	3819.2	0.25503	0.7416	0.00606	31.209	0.000144	0.01033	0.0016699	2.7887e-06	13.916
[ 9]	60.2	0.55	0.012	3624	0.3025	0.7224	0.0066	33.11	0.000144	0.015117	-0.0031168	9.7145e-06	25.973
[ 10]	60.2	0.55	0.017	3624	0.3025	1.0234	0.00935	33.11	0.000289	0.015117	0.0018832	3.5464e-06	11.078
[ 11]	60.2	0.55	0.015	3624	0.3025	0.903	0.00825	33.11	0.000225	0.015117	-0.00011681	1.3644e-08	0.77871
[ 12]	61.8	0.51	0.009	3819.2	0.2601	0.5562	0.00459	31.518	8.1e-05	0.010151	-0.0011505	1.3237e-06	12.783
[ 13]	61.8	0.51	0.01	3819.2	0.2601	0.618	0.0051	31.518	0.0001	0.010151	-0.00015051	2.2655e-08	1.5051
[ 14]	60.4	0.545	0.014	3648.2	0.29703	0.8456	0.00763	32.918	0.000196	0.014496	-0.00049602	2.4604e-07	3.543
[ 15]	60.4	0.545	0.018	3648.2	0.29703	1.0872	0.00981	32.918	0.000324	0.014496	0.003504	1.2278e-05	19.467
[ 16]	60.4	0.545	0.016	3648.2	0.29703	0.9664	0.00872	32.918	0.000256	0.014496	0.00256	2.262e-06	9.3999
[ 17]	61.6	0.505	0.009	3794.6	0.25503	0.5544	0.004545	31.108	8.1e-05	0.01113	-0.0021304	4.5385e-06	23.671
[ 18]	61	0.525	0.013	3721	0.27563	0.793	0.006825	32.025	0.000169	0.012813	0.0001868	3.4893e-08	1.4369
[ 19]	61	0.525	0.011	3721	0.27563	0.671	0.005775	32.025	0.000121	0.012813	-0.0018132	3.2877e-06	16.484
[ 20]	61	0.525	0.014	3721	0.27563	0.854	0.00735	32.025	0.000196	0.012813	0.001868	1.4085e-06	8.4771
[ 21]	60.6	0.535	0.016	3672.4	0.28623	0.9696	0.00856	32.421	0.000256	0.014055	0.0019452	3.7839e-06	12.158
[ 22]	60.8	0.53	0.012	3696.6	0.2809	0.7296	0.00636	32.224	0.000144	0.013434	-0.001434	2.0563e-06	11.95
[ 23]	60.8	0.53	0.011	3696.6	0.2809	0.6688	0.00583	32.224	0.000121	0.013434	-0.002434	5.9243e-06	22.127
[ 24]	61.4	0.515	0.013	3770	0.26522	0.7982	0.006695	31.621	0.000169	0.011572	0.0014284	2.0402e-06	10.987
[ 25]	61.4	0.515	0.012	3770	0.26522	0.7368	0.00618	31.621	0.000144	0.011572	0.00042837	1.835e-07	3.5698
[ 26]	60.4	0.54	0.011	3648.2	0.2916	0.6644	0.00594	32.616	0.000121	0.014676	-0.0036756	1.351e-05	33.414
[ 27]	62	0.51	0.01	3844	0.2601	0.62	0.0051	31.62	0.0001	0.0093502	0.00064981	4.226e-07	6.4981
[ 28]	62	0.51	0.009	3844	0.2601	0.558	0.00459	31.62	8.1e-05	0.0093502	-0.00035019	1.2263e-07	3.891
[ 29]	61.4	0.52	0.01	3770	0.2704	0.614	0.0052	31.928	0.0001	0.011392	-0.0013921	1.9379e-06	13.921
[ 30]	61.4	0.52	0.011	3770	0.2704	0.6754	0.00572	31.928	0.000121	0.011392	-0.00039209	1.5373e-07	3.5644
' SUM '	1830.4	15.8	0.381	1.1169e+05	8.3273	23.215	0.20138	963.78	0.005015	0.381	-1.0825e-15	7.9204e-05	311.32
' AVG '	61.013	0.52667	0.0127	3723	0.27758	0.77385	0.0067125	32.126	0.00016717	0.0127	-3.6082e-17	2.6401e-06	10.377
Ynom	X1	X2											
0.009	62.177	0.5											
0.01	61.927	0.5											
0.011	61.677	0.5											
0.01	61.927	0.5											

Рисунок 2.1 – Основная часть регрессионного анализа

Качество уравнения регрессии оценивается с помощью средней ошибки аппроксимации, которая в данном случае равна  $A = 10.377\%$ . Значит, фактические значения нежелательных веществ в готовом продукте и расчетные по уравнению регрессии в среднем различаются на 10.377 %. Качество уравнения регрессии считается хорошим, если ошибка аппроксимации не превышает 8-10%. Полученное уравнение регрессии можно оценить как недостаточно хорошее.

Код программы, реализующей вычисления по текущему разделу приведён в приложении А.



### 3 СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПРИНЯТИЮ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ РИСКА И НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ

#### 3.1 Эффективность и риск вероятностных операций в условиях их определенности: системный подход

Таблица 3.1 – Стратегии «игры» капитана с природой в условиях полной определенности

Маршруты	ИГРОК 2: «ПОГОДА»	
	плохая погода (вероятность 0,33); эффективность, тысяч \$	хорошая погода (вероятность 0,67); эффективность, тысяч \$
ИГРОК 1: «КАПИТАН» $\begin{Bmatrix} M_1 \\ M_2 \end{Bmatrix}$	12 11	13 14

Чтобы найти верное решение игры, нужно обязательно учесть возможное «поведение противника» - погоды. Из морских лоций по условию известно, что погода по маршрутам перехода может быть хорошей в 2/3 случаев, то есть вероятность 0,67. Именно это вносит «определённость» в анализируемые вероятностные операции. Ведь лоции составляются на основании многолетних наблюдений, и потому, исходя из закона больших чисел, вероятности 0,67 и  $1 - 0,67 = 0,33$  являются достаточно устойчивыми.

С учетом этого обстоятельства необходимо вычислить соответствующие математические ожидания эффективности операций для маршрутов  $M_1$  и  $M_2$  по формуле

$$\mathcal{E}_i = m_i = \sum_{i=1}^2 M_i * p_i$$

$$\mathcal{E}_1 = m_1 = 12 * 0,33 + 13 * 0,67 = 12,67$$

$$\Xi_2 = m_2 = 11 * 0,33 + 14 * 0,67 = 13,01$$

Также следует количественно оценить так называемые риски той и другой операции. В их качестве для каждой из операций целесообразно использовать среднеквадратические отклонения от соответствующего математического ожидания.

Оценить риск каждой из стратегий по формуле

$$r_i = \sqrt{\sum_{i=1}^2 (M_i - m_i)^2 * p_i} \text{ (тыс. \$)}$$

$$r_1 = \sqrt{(12 - 12,67)^2 * 0,33 + (13 - 13,67)^2 * 0,67} = 0,4702 \text{ (тыс. \$)}$$

$$r_2 = \sqrt{(11 - 12,01)^2 * 0,33 + (14 - 13,01)^2 * 0,67} = 1,4106 \text{ (тыс. \$)}$$

Найти среднеквадратический коэффициент вариации, достаточно устойчивой обобщённой характеристики случайных величин по формуле

$$V_i = \frac{100 * r_i}{m_i}$$

(предельное значение равно 33,3%,).

$$V_1 = \frac{100 * 0,4702}{12,67} = 3,711\%$$

$$V_2 = \frac{100 * 1,4106}{13,01} = 10,843\%$$

Значит для достижения максимальной эффективности капитану необходимо выбрать 2 маршрут т.к. при этом ожидаемая эффективность будет равна 13,01, а при выборе первого маршрута только 12,67.

При выборе маршрута с минимальным риском капитану следует выбрать маршрут 1 т.к. будет риск потери 0,4702 тыс. \$, а при выборе 2 маршрута целых 1,4106 тыс. \$

Сравнение значений коэффициентов вариации показывает, что меньшая степень риска присуща первому варианту вложения капитала.

### 3.2 Эффективность и риск вероятностных операций в условиях полной или частичной неопределенности: системный подход

Каждый из этих способов действий, в зависимости от варианта обстановки, будет приводить к определенным результатам, которые могут быть оценены с помощью квалифицированных экспертов. Эти данные в виде безразмерных эффективностей (как вероятностей успешного перехода за плановое время) приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Матрица эффективностей (или вероятностей) успешного решения задачи

Стратегии	Эффективность успешного перехода судна в зависимости от стратегии капитана и случайного состояния погоды		
	П1 (ясно)	П2 (пасмурно)	П3 (туман)
КАПИТАН (как ЛПР)			
$\left\{ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{matrix} \right.$	0,25 0,70 0,35 0,80	0,35 0,20 0,85 0,11	0,25 0,30 0,25 0,35

Поскольку ожидаемая погода точно нам не известна, можно, по неведению, избрать любой другой способ действия, теряя при этом эффективность. Так, действуя способом  $A_i$ , мы не добираем в эффективности в размере  $g_{ij} = \max(\Pi_j) - A_{ij}$ .

Таблица 3.3 – Риски в теории статистических решений при наличии полной неопределённости

Способ действия	Риски при решении задачи о переходе судна в зависимости от состояния погоды		
	П1 (ясно)	П2 (пас- мурно)	П3 (туман)
КАПИТАН (как ЛПР)			
$\begin{cases} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{cases}$	0,55 0,10 0,45 0	0,5 0,65 0 0,74	0,10 0,05 0,1 0

Исходя из полученной нами таблицы риском можем заметить, что наименьшим общим риском 0,65 обладает путь  $A_3$ . Наибольшую суммарную эффективность имеет путь  $A_3$  1,45.

### 3.3 Выбор наилучшего решения в условиях полной определенности

В пункте 3.2, если воспользоваться рекомендациями лоций о том, что вероятность первого типа погоды равна 0,50; второго 0,30 и третьего – 0,20, необходимо найти, какой способ действия (или стратегию)  $A_i$  даст наибольшее среднее ожидаемое значение результата (или его математическое ожидание).

С учетом этого обстоятельства необходимо вычислить соответствующие математические ожидания эффективности операций для маршрутов по формуле

$$m_i = \sum_{j=1}^3 A_{ij} * p_i$$

$$m_1 = 0,25 * 0,5 + 0,35 * 0,3 + 0,25 * 0,2 = 0,28$$

$$m_2 = 0,70 * 0,5 + 0,20 * 0,3 + 0,30 * 0,2 = 0,47$$

$$m_3 = 0,35 * 0,5 + 0,85 * 0,3 + 0,25 * 0,2 = 0,48$$

$$m_4 = 0,80 * 0,5 + 0,11 * 0,3 + 0,35 * 0,2 = 0,503$$

Также следует количественно оценить так называемые риски той и другой операции. В их качестве для каждой из операций целесообразно использовать среднеквадратические отклонения от соответствующего математического ожидания. Оценить риск каждой из стратегий по формуле

$$r_i = \sum_{j=1}^3 A_{ij} * p_i$$

$$r_1 = 0,55 * 0,5 + 0,5 * 0,3 + 0,10 * 0,2 = 0,445$$

$$r_2 = 0,10 * 0,5 + 0,65 * 0,3 + 0,05 * 0,2 = 0,255$$

$$r_3 = 0,45 * 0,5 + 0 * 0,3 + 0,15 * 0,2 = 0,245$$

$$r_4 = 0 * 0,5 + 0,74 * 0,3 + 0 * 0,2 = 0,222$$

Найти среднеквадратический коэффициент вариации, достаточно устойчивой обобщённой характеристики случайных величин по формуле

$$V_i = \frac{100 * r_i}{m_i}$$

(предельное значение равно 33,3%,).

$$V_1 = \frac{100 * 0,445}{0,28} = 158,9285$$

$$V_2 = \frac{100 * 0,255}{0,47} = 54,2553$$

$$V_3 = \frac{100 * 0,245}{0,48} = 51,042$$

$$V_4 = \frac{100 * 0,222}{0,503} = 44,135$$

Исходя из полученных значений можем сделать вывод, что способ 4 будет оптимальным по всем признакам т.к. он обладает максимальной эффективностью равной 0,503, минимальным риском равным 0,222 и минимальным коэффициентом вариации 44,135%.

### 3.4 Выбор наилучшего решения в условиях частичной неопределенности

Если считать, что любое из погодных условий не более вероятно, чем другие, то вероятности различных погодных условий можно принять равными и производить выбор способа так же, как это сделано в предыдущей задаче (это так называемый принцип недостаточного основания Лапласа). Тогда, принимая вероятность каждого типа погоды равной 0,33, найти среднее наибольшее значение результата по формуле:

$$m_i = 0,33 \sum_{j=1}^3 A_{ij}$$

А соответствующий риск по данным из таблицы 3.3.

С учетом этого обстоятельства необходимо вычислить соответствующие математические ожидания эффективности операций для маршрутов по формуле:

$$m_i = 0,33 \sum_{j=1}^3 A_{ij}$$

$$m_1 = 0,33 * (0,25 + 0,35 + 0,25) = 0,2805$$

$$m_2 = 0,33 * (0,70 + 0,20 + 0,30) = 0,396$$

$$m_3 = 0,33 * (0,35 + 0,85 + 0,25) = 0,4785$$

$$m_4 = 0,33 * (0,80 + 0,11 + 0,35) = 0,4158$$

Также следует количественно оценить так называемые риски той и другой операции. В их качестве для каждой из операций целесообразно использовать среднеквадратические отклонения от соответствующего математического ожидания. Оценить риск каждой из стратегий по формуле :

$$r_i = 0,33 \sum_{j=1}^3 A_{ij}$$

$$r_1 = 0,33 * (0,55 + 0,5 + 0,10) = 0,3795$$

$$r_2 = 0,33 * (0,10 + 0,65 + 0,05) = 0,264$$

$$r_3 = 0,33 * (0,45 + 0 + 0,15) = 0,1815$$

$$r_4 = 0,33 * (0 + 0,74 + 0) = 0,244$$

Найти среднеквадратический коэффициент вариации, достаточно устойчивой обобщённой характеристики случайных величин по формуле

$$V_i = \frac{100 * r_i}{m_i}$$

(предельное значение равно 33,3%,).

$$V_1 = \frac{100 * 0,3795}{0,2805} = 135,2941$$

$$V_2 = \frac{100 * 0,264}{0,396} = 66,6667$$

$$V_3 = \frac{100 * 0,1815}{0,4785} = 37,931$$

$$V_4 = \frac{100 * 0,244}{0,416} = 58,7302$$

Исходя из полученных значений можем сделать вывод, что способ 3 будет оптимальным по всем признакам т.к. он обладает максимальной эффективностью равной 0,4785, минимальным риском равным 0,1815 и минимальным коэффициентом вариации 37,931%.

### 3.5 Выбор наилучшего решения в условиях полной неопределенности

Здесь возможны как минимум три варианта оценки ситуации.

#### 1. Критерий Вальда (Wald)- «рассчитывай на худшее».

Иногда может потребоваться гарантия того, что результат в любых условиях окажется не меньше, чем наибольший возможный в худших условиях. Это тактика по принципу «рассчитывай на худшее». Оптимальным способом действий в данном случае будет тот, для которого результат окажется максимальным из минимальных вариантов при различных типах погоды. Такая стратегия отвечает так называемому «максиминному критерию Вальда»:

$$\max_i \min_j a_{ij}.$$

Таблица 3.4 – Риски в теории статистических решений в условиях полной неопределённости для расчёта критерием Вальда

Стратегии	Эффективность успешного перехода судна в зависимости от стратегии капитана и случайного состояния погоды			$\min a_{ij}$
	П1 (ясно)	П2 (пасмурно)	П3 (туман)	
КАПИТАН (как ЛПР)				
$\begin{cases} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{cases}$	0,25 0,70 0,35 0,80	0,35 0,20 0,85 0,11	0,25 0,30 0,25 0,35	0,25 0,20 0,25 0,15
Max $a_{ij}$				0,25



$$m_1 = (0,25 + 0,35 + 0,25)/3 = 0,28$$

$$r_1 = 0,28/3 = 0,0933$$

$$V_1 = \frac{100 * 0,0933}{0,28} = 33,3214$$

$$m_3 = (0,35 + 0,85 + 0,25)/3 = 0,48$$

$$r_3 = 0,48/3 = 0,16$$

$$V_3 = \frac{100 * 0,16}{0,48} = 33,3333$$

Исходя из критерия Вальда необходимо выбрать вариант  $A_3$ . Он обладает максимальными значениями: среднеарифметический риск равен 0.16, среднеарифметическая эффективность равна 0,48, среднеквадратический коэффициент вариации равен 33,3333%

## 2. Критерий Сэвиджа - «в любых условиях избегай большого риска».

Тактика Вальда - «рассчитывай на худшее»- пользуется весьма большой популярностью и выдается, порой, в качестве единственно правильного образа действий, связанных с риском. Между тем, эта перестраховочная тактика далеко не самая лучшая. Она явно занижает наши возможности и уводит от необходимости в ряде случаев прибегнуть к смелым и решительным действиям, не превышая при этом разумного риска. Определенные преимущества по сравнению с этой тактикой дает стратегия, исходящая из принципа «в любых условиях избежать большого риска». Здесь оптимальным способом действий будет тот, для которого риск, максимальный при различных типах погоды, окажется минимальным (так называемый критерий минимаксного риска Сэвиджа):

$$\min_i \max_j r_{ij}$$

Таблица 3.5 – Риски в теории статистических решений в условиях полной неопределённости для расчёта критерием Сэвиджа

Способ действия	Риски при решении задачи о переходе судна в зависимости от состояния погоды			Max $a_{ij}$
	П1 (ясно)	П2 (пасмурно)	П3 (туман)	
КАПИТАН (как ЛПР)				
$\begin{cases} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{cases}$	0,55	0,5	0,10	0.55
	0,10	0,65	0,05	0.65
	0,45	0	0,15	0.45
	0	0,74	0	0.65
Min $a_{ij}$				0.45

$$m_3 = (0,35 + 0,85 + 0,25)/3 = 0,48$$

$$r_3 = 0,48/3 = 0,16$$

$$V_3 = \frac{100 * 0,16}{0,48} = 33,3333$$

Исходя из критерия Сэвиджа необходима выбрать вариант  $A_3$ , который обладает среднеарифметическим риском равным 0,16 и среднеарифметической эффективностью равной 0,48, а также среднеквадратическим коэффициентом вариации равным 33,3333%

### 3. Критерий Гурвица - «золотая середина».

В-третьих, может потребоваться остановиться между тактикой «рассчитывай на худшее» и тактикой «рассчитывай на лучшее». В этом случае оптимальным способом действий будет тот, для которого окажется максимальным показатель  $Q$  (так называемый критерий пессимизма - оптимизма Гурвица):

$$Q_i = k \min_j a_{ij} + (1-k) \max_j a_{ij}$$

где

- $a_{ij}$  – результат, соответствующий;
- $i$ -му способу действий при  $j$ -й погоде;
- $k$  – коэффициент, выбираемый между 0 и 1;
- при  $k = 0$  – тактика в расчете на лучшее;
- при  $k = 1$  – тактика в расчете на худшее (критерий Вальда).

Таблица 3.6 – Риски в теории статистических решений в условиях полной неопределённости для расчёта критерием Гурвица

Стратегии	Эффективность успешного перехода судна в зависимости от стратегии капитана и случайного состояния погоды			$\min a_{ij}$	$\max a_{ij}$
	П1 (ясно)	П2 (пасмурно)	П3 (туман)		
КАПИТАН (как ЛПР)					
$\begin{cases} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{cases}$	0,25 0,70 0,35 0,80	0,35 0,20 0,85 0,11	0,25 0,30 0,25 0,35	0,25 0,20 0,25 0,11	0,35 0,70 0,85 0,80

Таблица 3.7– Выбор оптимальной статистической стратегии по Гурвицу

	Значения коэффициента Гурвица - показателя $k$				
Способы действия	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00
A1	0,35	0,325	0,3	0,3625	0,25
A2	0,70	0,575	0,45	0,325	0,20
A3	0,85	0,7	0,55	0,4	0,25
A4	0,85	0,638	0,475	0,313	0,15
Опт. способ действия	A3	A3	A3	A3	A1, A3

Можно заметить, что А3 предпочтительней в больших случаях, поэтому он будет считаться оптимальным

$$m_3 = (0,35 + 0,85 + 0,25)/3 = 0,48$$

$$r_3 = 0,48/3 = 0,16$$

$$V_3 = \frac{100 * 0,16}{0,48} = 33,3333$$

Исходя из полученных значений выявили, что А3 является предпочтительней, который обладает среднеарифметическим риском равным 0.16 и среднеарифметической эффективностью равной 0,48, а также среднеквадратическим коэффициентом вариации равным 33,3333%

#### 4 ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ РИСКА НА ЗНАЧЕНИЕ ЦЕЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ В ЗАДАЧЕ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ДВУХ КОАЛИЦИЙ

Заданы функциональные зависимости  $I_{12}'(x,y)$ ,  $I_{21}'(x,y)$ , которые характеризуют степень достижения поставленных противодействующими коалициями целей, в виде:

$$I_{12}'(x,y) = \sin\left(\pi \frac{x}{2}\right) + 0,01 \sin\left(\pi \frac{x}{2}\right)y - 0,1y$$

$$I_{21}'(x,y) = -\cos\left(\pi \frac{x}{2}\right) + 0,01 \cos\left(\pi \frac{x}{2}\right)y + 0,2y + 1$$

Тут  $x \in [0,2]$  и  $y \in [0,2]$  означают интервальные границы прогнозируемых доходов соответственно коалиций 1 и 2. Для коалиций 1 и 2 заданы функции ущерба от воздействия разных групп факторов риска – непрогнозируемых ситуаций противоборства, форс-мажорных факторов, факторов информационной неопределенности. Значения ущерба определяют соотношения:

$$J_{12ns}(x,y) = 0,04y - 0,05xy - 0,03x - 0,06$$

$$J_{12fm}(x,y) = 0,1y - 0,01xy + 0,014x + 0,2$$

$$J_{12in}(x,y) = 0,12y - 0,33xy - 0,03x + 0,11$$

$$J_{21ns}(x,y) = -0,015y - 0,03xy + 0,14x - 0,11$$

$$J_{21fm}(x,y) = 0,18y - 0,01xy + 0,1x - 0,44$$

$$J_{21in}(x,y) = -0,095y - 0,009xy + 0,032x + 0,64$$

Также для каждой коалиции заданы ситуационные матрицы вероятностей факторов риска:

$$R_1 = \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} S_1 & S_2 & S_3 \\ \left\| \begin{array}{ccc} 0,03 & 0,03 & 0,05 \\ 0,01 & 0,015 & 0,02 \\ 0,04 & 0,01 & 0,01 \end{array} \right\| \begin{array}{l} \eta_{ns} \\ \eta_{fm} \\ \eta_{in} \end{array} \\ y = 0 \quad y = 1 \quad y = 2 \end{array} & R_2 = \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} S_1 & S_2 & S_3 \\ \left\| \begin{array}{ccc} 0,07 & 0,09 & 0,12 \\ 0,04 & 0,01 & 0,03 \\ 0,002 & 0,004 & 0,015 \end{array} \right\| \begin{array}{l} \eta_{ns} \\ \eta_{fm} \\ \eta_{in} \end{array} \\ x = 0 \quad x = 1 \quad x = 2 \end{array} \end{array}$$

Необходимо оценить влияние факторов риска на значение целевых функций  $F\Sigma_{12}(x,y,\eta_{ns},\eta_{in},\eta_{fm})$  и  $F\Sigma_{21}(x,y,\eta_{ns},\eta_{in},\eta_{fm})$  противодействия коалиции 1 с

коалицией 2 и коалиции 2 с коалицией 1 соответственно.

Для решения задачи необходимо выполнить следующие шаги.

1. Найдем значения целевых функций  $F_{\Sigma 12}(x, y, \eta_{ns}, \eta_{in}, \eta_{fm})$  и  $F_{\Sigma 21}(x, y, \eta_{ns}, \eta_{in}, \eta_{fm})$  в штатных условиях без учета факторов риска. Для этого нужно найти значение гарантированного результата  $I_{12}^*$ ,  $I_{21}^*$  функциональных зависимостей  $I_{12}'(x, y)$ ,  $I_{21}'(x, y)$ . Для нахождения  $I_{12}^*$ ,  $I_{21}^*$  можно использовать разные приёмы, в частности табличный метод, классический метод, который основывается на исследовании экстремальных свойств функций, графический и другие.

Для решения этого примера используем табличный метод, в котором составляют таблицу значений каждой функциональной зависимости  $I_{12}'(x, y)$ ,  $I_{21}'(x, y)$  в виде:

Таблица 4.1 – Таблица значений для первой функции

$I_{12}'$ (x,y)	x/y	0	0,5	1	1,5	2
	0	0	-0,05	-0,1	-0,15	-0,2
	0,5	0,707107	0,660642	0,614178	0,567713	0,521249
	1	1	0,955	0,91	0,865	0,82
	1,5	0,707107	0,660642	0,614178	0,567713	0,521249
	2	-2,1E-13	-0,05	-0,1	-0,15	-0,2

Таблица 4.2 – Таблица значений для второй функции

$I_{21}'$ (x,y)	x/y	0	0,5	1	1,5	2
	0	0	0,105	0,21	0,315	0,42
	0,5	0,2928932	0,3964288	0,4999643	0,6034998	0,7070354
	1	1	1,1	1,2	1,3	1,4
	1,5	1,7071068	1,8035712	1,9000357	1,9965002	2,0929646
	2	2	2,095	2,19	2,285	2,38

Далее определяют гарантированный результат по принципу:

$$I_{12}^* = \max_x \min_y I_{12}'(x, y);$$

$$I_{21}^* = \max_y \min_x I_{21}'(x, y)$$

Для первой коалиции значения гарантированного результата будет в точке  $x = 2, y = 0$  и отвечает  $I_{12}^* = I_{12}'(2, 0) = -2,07 \cdot 10^{-13}$ , то есть  $F\Sigma_{12} = -2,07 \cdot 10^{-13}$ .

Для другой коалиции это значение будет в точке  $x = 0, y = 2$  и отвечает  $I_{21}^* = I_{21}'(0, 2) = 0,42$ , то есть  $F\Sigma_{21} = 0,42$ .

2. Найдем без учета ситуационной неопределенности значения целевых функций  $F_{\Sigma_{12}}(x, y, \eta_{ns}, \eta_{in}, \eta_{fm})$  для коалиции 1 и  $F_{\Sigma_{21}}(x, y, \eta_{ns}, \eta_{in}, \eta_{fm})$  для коалиции 2 с учетом факторов риска в точке гарантированного результата для каждой из противодействующих коалиций. Для решения этой задачи используем ситуационные матрицы  $R1$  и  $R2$  вероятностей факторов риска для коалиций 1 и 2 соответственно.

Для коалиции 1 гарантированный результат получен в точке  $x = 2, y = 0$ . По значению переменной  $y = 0$  определяем, что необходимо выполнить исследование для ситуации  $S1$ . Значит, для первой коалиции будет учтено значение вероятностей факторов риска, отвечающих ситуации  $S1$ , то есть  $\eta_{ns} = 0,03, \eta_{fm} = 0,01, \eta_{in} = 0,04$ . Подставив значения вероятностей  $\eta_{ns}, \eta_{fm}, \eta_{in}$ , а также значение функций  $I_{12}'(x, y), J_{12ns}(x, y), J_{12fm}(x, y), J_{12in}(x, y)$  в точке  $x = 2, y = 0$  в формулу, получим для коалиции 1 значение целевой функции в этой точке  $F\Sigma_{12}' = -0,158$ .

$$\begin{aligned} \bar{F}_{\Sigma_{12}}(\bar{x}_{01}, \bar{\tilde{x}}_{02}, \bar{\alpha}_1, \bar{\eta}) \\ = (1 - \eta_{ns}) \cdot (1 - \eta_{in}) \cdot (1 - \eta_{fm}) I_{12}'(\bar{x}_{01}, \bar{\tilde{x}}_{02}) \\ - (\eta_{ns} \bar{J}_{12ns} + \eta_{in} \bar{J}_{12in} + \eta_{fm} \bar{J}_{12fm}). \\ \bar{F}_{\Sigma_{12}}(\bar{x}_{01}, \bar{\tilde{x}}_{02}, \bar{\alpha}_1, \bar{\eta}) = -0,158 \end{aligned}$$

Для коалиции 2 гарантированный результат получен в точке  $x = 0, y = 2$ . По значению переменной  $x = 0$  находим, что необходимо рассмотреть ситуацию  $S1$ . Значит, для коалиции 2 возьмём значения вероятностей факторов риска, отвечающие ситуации  $S1$ , то есть  $\eta_{ns} = 0,07, \eta_{fm} = 0,04, \eta_{in} = 0,002$ . Подставив значения вероятностей  $\eta_{ns}, \eta_{fm}, \eta_{in}$ , а также значение функций  $I_{21}'(x, y), J_{21ns}(x, y), J_{21fm}$

$(x,y)$ ,  $J_{21in}(x,y)$  в точке  $x = 0, y = 2$  в формулу, получим для коалиции 2 значение целевой функции в этой точке  $F\Sigma_{21}' = 0,39$ .

$$\begin{aligned} \bar{F}_{\Sigma_{21}}(\bar{x}_{02}, \bar{\tilde{x}}_{01}, \bar{\alpha}_1, \bar{\eta}) \\ = (1 - \eta_{ns}) \cdot (1 - \eta_{in}) \cdot (1 - \eta_{fm}) I'_{21}(\bar{x}_{02}, \bar{\tilde{x}}_{01}) \\ - (\eta_{ns} \bar{J}_{21ns} + \eta_{in} \bar{J}_{21in} + \eta_{fm} \bar{J}_{21fm}). \end{aligned}$$

$$\bar{F}_{\Sigma_{21}}(\bar{x}_{02}, \bar{\tilde{x}}_{01}, \bar{\alpha}_1, \bar{\eta}) = 0,39$$

3. Выберем самую неблагоприятную ситуацию с точки зрения вероятности влияния факторов риска. Для этой ситуации найдем значение целевой функции для каждой коалиции с учетом и без учета факторов риска самую неблагоприятную ситуацию для каждой коалиции можно найти, используя ситуационный матрицы вероятностей факторов риска для коалиций 1 и 2. Для этого нужно определить вероятность появления каждой ситуации. Рассмотрим вероятности появления ситуаций  $S_1, S_2, S_3$  для коалиции 1:  $P(S_1) = 1,2 \cdot 10^{-5}$ ,  $P(S_2) = 4,5 \cdot 10^{-6}$ ,  $P(S_3) = 1 \cdot 10^{-5}$

Поскольку для коалиции 1 вероятность появления ситуации  $S_1$  максимальна, то ситуация  $S_1$  является самой неблагоприятной. Поэтому необходимо найти максимальное значение функции  $I_{12}'(x,y)$  для ситуации  $S_1$ . Для ситуации  $S_1$  значение целевой функции коалиции 1 в точке  $y = 0$  и максимальное значение по  $x$  в точке  $x = 0,5$ ,  $I_{12}'(0,3) = 0,71$ . Значит, значение целевой функции коалиции 1 без учета факторов риска  $F\Sigma_{12n} = 0,71$ .

Рассмотрим вероятности появления ситуаций  $S_1, S_2, S_3$  для коалиции 2:  $P(S_1) = 5,6 \cdot 10^{-6}$ ,  $P(S_2) = 3,6 \cdot 10^{-6}$ ,  $P(S_3) = 5,4 \cdot 10^{-5}$

Поскольку для коалиции 2 вероятность появления ситуации  $S_3$  максимальна, то ситуация  $S_3$  является самой неблагоприятной. Поэтому необходимо найти максимальное значение функции  $I_{21}'(x,y)$  для ситуации  $S_3$ , то есть для переменной  $x = 2$ . Для ситуации  $S_3$  значение целевой функции коалиции 2 в точке  $x = 2$  и максимальное значение по  $y$  в точке  $y = 2$ ,  $I_{21}'(2,2) = 2,38$ . Значит, значение целевой функции коалиции 2 без учета факторов риска  $F\Sigma_{21n} = 2,38$ .



Теперь найдем без учета ситуационной неопределенности значения целевых функций  $F\Sigma 12n' (x,y,\eta ns,\eta in,\eta fm)$  и  $F\Sigma 21n' (x,y,\eta ns,\eta in,\eta fm)$  для каждой коалиции с учетом факторов риска.

Для коалиции 1 необходимо найти значение целевой функции  $F\Sigma 12 (x,y,\eta ns,\eta in,\eta fm)$  в точке  $x = 0,5, y = 0$ , при этом имеем самую неблагоприятную ситуацию  $S1$ . То есть значения вероятностей для факторов риска будут равны:  $\eta ns=0,03, \eta fm=0,01, \eta in=0,04$ . С учетом факторов риска при самой неблагоприятной ситуации значения целевой функции для коалиции 1  $F\Sigma 12n' = 0,494$ .

Для коалиции 2 необходимо найти значение целевой функции  $F\Sigma 21 (x,y,\eta ns,\eta in,\eta fm)$  в точке  $x = 2, y = 2$ , при этом имеем самую неблагоприятную ситуацию  $S3$ , то есть значения вероятностей для факторов риска будут равны:  $\eta ns=0,12, \eta fm=0,03, \eta in=0,015$ . С учетом факторов риска при самой неблагоприятной ситуации значения целевой функции для коалиции 2  $F\Sigma 21n' = 1,61$

Проанализируем полученные результаты. В соответствии с принципом гарантированного результата значение целевой функции  $F\Sigma 12 = -2,07 \cdot 10^{-13}$  коалиции 1 меньше, чем значение целевой функции  $F\Sigma 21 = 0,42$  коалиции 2. Под влиянием факторов риска значения обеих целевых функций уменьшается, и значение  $F\Sigma 12' = -0,158$  коалиции 1 меньше, чем значение  $F\Sigma 21' = 0,39$  коалиции 2. Самой неблагоприятной ситуацией для первой коалиции будет ситуация  $S1$ , а для коалиции 2 – ситуация  $S3$ . В случае самой неблагоприятной ситуации значения целевой функции  $F\Sigma 12n (0,5, 0) = 0,71$  коалиции 1 больше, чем значения целевой функции  $F\Sigma 21n (2,2) = 2,38$  коалиции 2, но для обеих коалиций они больше, чем в случае гарантированного результата. Под влиянием факторов риска значения целевых функций обеих коалиций увеличиваются. Но и в этом случае коалиция 2 будет в более выгодном положении по сравнению с коалицией 1:  $F\Sigma 12n' 0,49, F\Sigma 21n' = 1,61$ . При этом соответствующие значения меньше гарантированного результата для каждой коалиции.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной курсовой работе выполнены четыре задания из разных разделов системного анализа.

С помощью процедуры системного анализа предприятия была описана система винзавода по таким пунктам: построение модели «черного ящика» исследуемой системы, формирование требований(ограничений) к исследуемой системе, формирование проблемных ситуаций в функционировании системы, формирование основных целей системы в целом, построение иерархической содержательной модели исследуемой системы, определение места системы в системе классификаций, технико-экономический анализ. Для выполнения этого задания было изучено много источников в сети Интернет по устройству винзавода, технологическим нормам изготовления алкогольной продукции, рискам с этим связанными. Для последнего пункта системного анализа были взяты данные с реального винзавода в России, по которым видно динамику развития предприятия за два года.

Изучен способ восстановления функции по дискретным значениям выборки и в результате получена функция, которая характеризующая средний годовой доход инвестиционной компании. Для выполнения этого задания была написанная программа на языке MatLab, что значительно упростило вычисление функции, которая определяет количество нежелательных веществ в готовых продуктах питания.

При системном подходе к принятию решений в условия риска и неопределенности были получены навыки определения маршрута с наибольшей эффективностью, в данном случае прибылью, и с наименьшими рисками.

Стратегия действия каждой коалиции заключается в повышении уровня реализации своих интересов путем повышения значения вектор-функции целей и снижении степени и уровня риска.

В результате выполнения курсовой работы были получены навыки и освоены способы применения системного анализа.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Згуровский М. З., Панкратова Н.Д. Системный анализ: проблемы, методология, приложения [Текст] : монография/ М. З. Згуровский, Н. Д. Панкратова; М-во образования и науки, молодежи и спорта Украины, Нац. акад. Наук Украины, Ин-т прикладного систем. анализа. - 2-е изд., перераб. и доп. - К.: Наукова думка, 2011. - 727 с.
2. Чернышов В.Н., Чернышов А.В. Теория и системный анализ: учебное пособие. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. -96 с.
3. Анфилатов В.С., Емельянов А.А., Кукушкин А.А. Системный анализ в управлении: Учебное пособие / Под ред. А.А. Емельянова. — М.: Финансы и статистика, 2002. — 368 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Текст программы по разделу 2

```

1  clc;
2  clear;
3  n = 2;
4  X1 = [3 3 3 6 4 4 9 9 1 1 1 9 9 2 2 2 8 5 5 5 3 4 4 7 7 2 10 10 7 7];
5  X2 = [6 6 6 4 7 7 1 1 10 10 10 2 2 9 9 9 1 5 5 5 7 6 6 3 3 8 2 2 4 4];
6  Y = [0.016 0.015 0.014 0.014 0.013 0.013 0.011 0.012 0.012 0.017 0.015 0.009 0.010 0.014 0.018 0.016
0.009 0.013 0.011 0.014 0.016 0.012 0.011 0.013 0.012 0.011 0.010 0.009 0.010 0.011 ];
7  Ynominal = [0.009 0.01 0.011 0.01];
8  absX1 = [60 80];
9  absX2 = [0.5 1];
10
11 fun1 = @(x)(absX1(2)-absX1(1))*x/100.0 + absX1(1);
12 fun2 = @(x)(absX2(2)-absX2(1))*x/100.0 + absX2(1);
13
14 X1 = fun1(X1);
15 X2 = fun2(X2);
16
17 X = [X1; X2];
18
19 Y_X1 = Y.*X1;
20 Y_X2 = Y.*X2;
21
22 B = [sum(Y) sum(Y_X1) sum(Y_X2)]';
23
24 X = [ones(1, length(X1)); X]';
25 XT = X';
26 A = XT*X;
27
28 A(1,1) = length(X1);
29
30 b = mldivide(A, B);
31 fun = @(x1, x2)b(1)+b(2)*x1+b(3)*x2;
32 Y2 = fun(X1, X2);
33
34 syms x1 x2 f;
35 f = collect([1 x1 x2]*b);
36
37 fprintf('-- System regression:\n');
38 fprintf('f(x1, x2) = ');
39 pretty(vpa(collect(f), 3))
40
41 x = linspace(min(X1), max(X1));
42 y = linspace(min(X2), max(X2));
43 z = fun(x, y);
44 plot3(x,y,z, X1, X2, Y, 'o');
45 grid on;
46
47 index = cell(1, length(X1)+2);
48 ind = 1:(length(X1));
49 for i=1:length(X1)
50     index(i) = {ind(i)};
51 end
52 index(length(X1)+1) = {' SUM '};
53 index(length(X1)+2) = {' AVG '};
54 X1sqr = X1.^2;
55 X2sqr = X2.^2;
56 YX1 = Y_X1;
57 YX2 = Y_X2;
58 X1X2 = X1.*X2;
59 Ysqr = Y.^2;
60 Y_Y2 = Y-Y2;
61 Y_Y2sqr = Y_Y2.^2;
62 A = abs(Y_Y2./Y).*100;
63
64 X1 = [X1 sum(X1) mean(X1)];
65 X2 = [X2 sum(X2) mean(X2)];
66 Y = [Y sum(Y) mean(Y)];
67 Y2 = [Y2 sum(Y2) mean(Y2)];
68 X1sqr = [X1sqr sum(X1sqr) mean(X1sqr)];
69 X2sqr = [X2sqr sum(X2sqr) mean(X2sqr)];
70 YX1 = [YX1 sum(YX1) mean(YX1)];
71 YX2 = [YX2 sum(YX2) mean(YX2)];
72 X1X2 = [X1X2 sum(X1X2) mean(X1X2)];
73 Ysqr = [Ysqr sum(Ysqr) mean(Ysqr)];

```

```

74 Y_Y2 = [Y_Y2 sum(Y_Y2) mean(Y_Y2)];
75 Y_Y2sqr = [Y_Y2sqr sum(Y_Y2sqr) mean(Y_Y2sqr)];
76 A = [A sum(A) mean(A)];
77
78 index = index';
79 X1 = X1';
80 X2 = X2';
81 Y = Y';
82 X1sqr = X1sqr';
83 X2sqr = X2sqr';
84 YX1 = YX1';
85 YX2 = YX2';
86 X1X2 = X1X2';
87 Ysqr = Ysqr';
88 Y2 = Y2';
89 Y_Y2 = Y_Y2';
90 Y_Y2sqr = Y_Y2sqr';
91 A = A';
92
93 MainTable = table(index, X1, X2, Y, X1sqr, X2sqr, YX1, YX2, X1X2, Ysqr, Y2, Y_Y2, Y_Y2sqr, A);
94 disp(MainTable);
95
96 f1 = solve(f-Ynominal(1));
97 f2 = solve(f-Ynominal(2));
98 f3 = solve(f-Ynominal(3));
99 f4 = solve(f-Ynominal(4));
100 F = [f1; f2; f3; f4];
101 F = subs(F, x2, absX2(1));
102
103 Ynom = Ynominal';
104 X1 = double(F);
105 X2 = double(F);
106 X2(:) = absX2(1);
107 SearchYnominal = table(Ynom, X1, X2);
108 disp(SearchYnominal);

```