

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ — ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ
КАФЕДРА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Панькина Наталья Андреевна

Выпускная квалификационная работа

На тему:

«Моделирование жизненного цикла организации»

Зав. кафедрой,

доктор физ.-мат. наук,

профессор Захаров В.В,

Научный руководитель

кандидат физ.-мат. наук,

Свиркин М.В.

Санкт-Петербург

2017

Оглавление

Введение	3
Глава 1. Жизненный цикл организации	5
1.1 Описание жизненного цикла организации	5
1.2 Формализация и информационно-логическая модель жизненного цикла организации	9
1.3 Анализ литературы и постановка задачи	13
Глава 2. Математическая модель жизненного цикла организации.....	17
2.1 Математический аппарат и подходы к анализу жизненного цикла организации	17
2.1 Методология проведения математического моделирования жизненного цикла организации	20
2.3 Анализ данных, необходимых для проведения математического моделирования жизненного цикла организации	23
Глава 3. Математическое моделирование жизненного цикла Центра Дополнительного Образования	25
3.1 Анализ данных Центра Дополнительного Образования	25
3.2 Математическое моделирование жизненного цикла.....	26
3.3 Анализ полученных результатов.....	29
Заключение	30
Литература	31
Приложение	33

Введение

В настоящее время, в век глобализации и информационных технологий, когда в экономике и бизнесе все сильнее возрастает конкуренция, на первое место все чаще выходят вопросы оптимального управления организацией и производством. Характерной чертой современной экономики является то, что конкурентоспособность организации зависит все больше не от непосредственного производства, а от ее управления. То есть, все более актуальными являются вопросы эффективной работы менеджмента организации, умения правильно оценить потребности рынка и конкуренцию, использования новых производственных и информационных технологий и т.д. Основным вызовом здесь является правильная оценка рынка и соответствующая адаптация самой организации к меняющимся условиям. В этом случае важно не столько следовать за уже сложившейся ситуацией на рынке и действовать в соответствии с ней, а уметь правильно прогнозировать изменения, или, что еще лучше, самим формировать «рынок». А для этого необходимо уметь в выбранной системе показателей и факторов адекватно анализировать состояние рынка, конкуренцию, в «фазовом пространстве» состояние самой организации.

Классическая теория жизненного цикла организаций позволяет рассмотреть основные стадии развития, от «рождения» до «смерти». Использование классификатора организаций и современных подходов по сбору и анализу данных позволяет определить на какой текущей стадии находится организация, и сделать какие-то выводы по ее дальнейшему развитию. Однако, проводимый анализ состояния организации и прогнозирование динамики ее развития строится либо на некоторой «базе знаний», либо на результатах обработки подобных статистических данных. Оба подхода дают нам только наиболее вероятную динамику ее развития, при этом не совсем учитываются специфические характеристики рассматриваемой организации. Таким образом, рассматриваемые подходы позволяют с определенной долей достоверности провести анализ состояния организации и не позволяют выработать синтез оптимально-

го управления. Для того, чтобы это было возможно, необходимо рассматривать организацию и ее жизненный цикл как некоторую сложную адаптивную систему, для которой построена информационно-логическая модель состояния и динамики, и на основе этой модели строится математическая модель развития организации. Математическая модель позволяет в выбранном пространстве параметров определить текущие значения параметров и провести математическое моделирование. Основная цель – получение оптимальных значений выбранной конфигурации параметров и синтез оптимальных законов управления в соответствии с выбранными функционалами качества.

Целью данной работы является проведение математического моделирования жизненного цикла организации с помощью применения скрытых марковских моделей.

Глава 1. Жизненный цикл организации

1.1 Описание жизненного цикла организации

Organizations life cycle или **Жизненный цикл организации** - это последовательность стадий развития, которые присущи всем организациям. В зависимости от области у нас могут быть различные понятия.

Рассмотрим сущность понятия. Слово «последовательность» нам известно из курса математики старшей школы. Под словом стадии подразумевается период со специфическими особенностями, их мы разберем позже. «Развитие» непосредственно связано с главным словом определения. Предлагается с него и начать. Итак, организация.

Организация – это совокупность элементов (материально-технических, трудовых и других ресурсов), которые объединены едиными целями и задачами.

В широком смысле совокупность людей, групп, объединенных для достижения какой-либо задачи на основе разделения труда, обязанностей и наличия иерархической (управленческой) структуры.

Организация – это система, имеющая некоторые свойства:

1⁰. *Компонентность* – наличие множества составляющих элементов (компонентов).

2⁰. *Структурность* – наличие, совокупность связей и отношений между частями целого.

3⁰. *Целостность* – свойство, которое означает, что система состоит из определенного количества элементов, связанных между собой. Все элементы целого прямо или косвенно взаимодействуют через систему связей,

поэтому, если в одном элементе что-либо изменяется, то это влечет за собой изменение во всех других элементах и в самом целом.

4⁰. *Функциональность* – свойство целого, ориентированное на выполнение какой-либо функции или совокупности функций. Каждая часть организации (системы) функционирует или действует, т.е. для чего-то предназначена.

5⁰. *Эмерджентность (синергией)* – наличие качественно новых свойств целого, отсутствующих у его составных частей. Это означает, что свойства целого не являются простой суммой свойств составляющих его элементов, хотя и зависят от них. При этом объединяемые в целое элементы могут терять свойства, присущие им вне организации, или приобретать новые.

6⁰. *Поведение* – процесс целенаправленного изменения во времени состояния системы (действия, функционирование, изменения и т.д.)

И наконец, мы дошли до еще одного слов из определения.

7⁰. *Развитие* – необратимое, направленное, закономерное изменение материи и сознания. В результате возникает новое качество или состояние объекта. Может рассматриваться как часть поведения.

8⁰. *Устойчивость (адаптивность, гомеостазис)* – стремление организации всегда восстанавливать свое равновесие, нарушаемое влиянием внешних факторов. Очень важное свойство, на проверку которого и будет обращена основная часть нашей работы.

Рассматриваются два типа: Надежность и Адаптация.

9⁰. *Управляемость* – возможность влиять на состояние системы с помощью внешних и внутренних факторов.

Что же обозначает словосочетание **жизненный цикл**?

Это словосочетание имеет очень много значений:

- В биологии

Жизненный цикл — закономерная смена всех поколений (онтогенезов), характерных для данного вида живых организмов.

- В астрономии

Жизненный цикл звезды — последовательность изменений, которым звезда подвергается в течение её жизни.

- В системной инженерии

Жизненный цикл системы — это стадии процесса, охватывающие различные состояния системы, начиная с момента возникновения необходимости в такой системе и заканчивая её полным выводом из эксплуатации.

- В производстве

Жизненный цикл изделия — период функционирования изделия (производства), начиная от его проектирования и изготовления, и заканчивая утилизацией.

Мы же будем понимать под жизненным циклом последовательную смену стадий развития чего-либо.

Теперь у нас осталось одно необъясненное слово: стадия.

Под стадией будем понимать состояние системы, характеризующееся вектором выбранных параметров, изменяющийся в зависимости от времени и поведения системы. В данной работе стадия развития будет меняться вследствие функционирования организации.

Рисунок 1 показывает наиболее часто используемое (традиционное) изображение зависимости стадий от качества организации в течении времени, для лучшего понимания процесса. На рисунке изображена модель из четырех стадий.

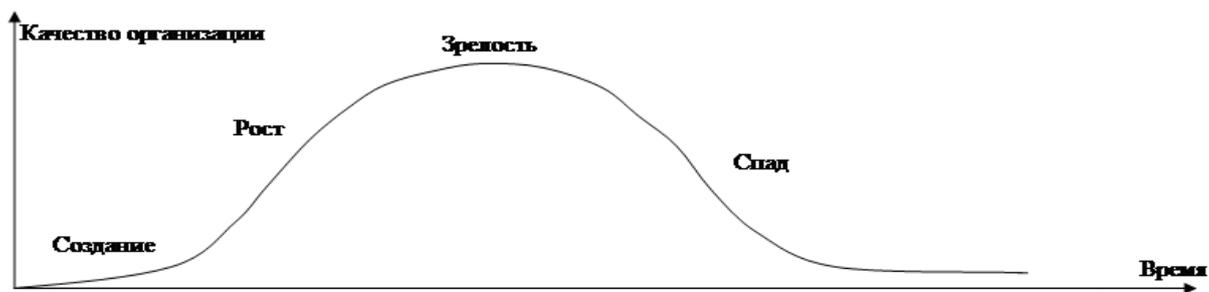


Рисунок 1 [Изображение ЖЦ в модели из 4-х стадий]

Распределение по стадиям зависит от количества стадий выбранной нами модели и от функции организации. Как правило, используются модели, разработанные в XX века. Между собой они отличаются количеством стадий и вектором параметров каждой стадии.

Так как в любой момент времени у организации есть определенная функция, то по её значениям мы можем рассчитать переход из одной стадии в другую по определенным вероятностям.

Если организация будет поочередно переходить из одного этапа в другой, то получится такая жизненная кривая:



Рисунок 4 [Зависимость значения функции организации и переходов между стадиями]

1.2 Формализация и информационно-логическая модель жизненного цикла организации

Так как мы будем рассматривать центр дополнительного образования, то можем выделить основные сущности и характеристики, которые имеют численные значения и могут влиять на основную функцию принадлежности организации к тому или иному состоянию.

- Головной офис (если есть)
 - Местоположение
 - Функции/ степень и сфера влияния
 - Образовательные центры (филиалы)
 - Положение по отношению к конкурентам
 - Бюджет
 - Количество сотрудников
 - Количество слушателей
- Образовательный центр
 - Расположение в городе (район, удаленность от метро)
 - Время на рынке образовательных услуг
 - Образовательные программы
 - Количество слушателей на уровне
 - Количество преподавателей
 - Количество аудиторий
- Преподаватели
 - Время работы в компании
 - Квалификация
 - Зарплата
 - Student retention
 - Статус в компании (part-timer или full-timer)
- Слушатели
 - Возраст
 - Пол
 - Социальный статус
 - Мотивированность
 - Место работы/учебы
 - Район проживания
 - Группа/ уровень
 - Длительность обучения в центре
 - Наличие скидки
- Аудитории
 - Размер/вместимость

- Наличие технического оснащения
- Образовательные программы
 - Тип курса
 - Длительность
 - Стоимость
 - Учебные пособия
- Конкуренты
 - Преподаватели
 - Образовательные программы
 - Местоположение
 - Стоимость
- Реклама
 - Бюджет
 - Образовательный центр
 - Образовательные программы
- Бюджет
 - Доходы: Основная деятельность – предоставление образовательных услуг [дополнительные услуги (если есть)]
 - Расходы
 - Рентабельность
 - Программы развития
 - Государственные программы поддержки
 - Гранты

Функция организации, зависящая от значения данных характеристик, будет отвечать за то, к какой стадии ЖЦО в данный момент времени относится наша организация.

На основе работы Ханкса, Ватсона, Янсена, Чандлера «Таксономическое исследование жизненных циклов организации в высокотехнологичных отраслях» [10] наша модель жизненного цикла будет состоять из четырех состояний (стадий):

1. Становление.
2. Стабильность.
3. Расширение.
4. Упадок.

Состояние «Рождение» и «Смерть» воспринимаем, как априорные, то есть существующие без вмешательства. Так же организация, в отличие от всех

канонов стандартных моделей, может переходить не поочередно: и перескакивать, и возвращаться назад.

Каждой стадии соответствует определенное множество значений вектора параметров. При изменении вектора параметров мы можем либо оставаться в том же состоянии, либо переходить в соответствующую получившемуся вектору параметров следующую стадию.

На рисунке 2 можно увидеть схему переходов, предложенную нами исходя из логического понимания жизненного цикла. В точку «Рождения» организация не сможет вернуться ни при каких обстоятельствах.

В стадию «Становления» организация может попасть непосредственно из стадии «Рождения», из самой стадии и из стадии «Упадка», если руководством будут приняты меры, например, переход к новым проектам. На этой стадии происходит поиск своей ниши, налаживание связей и закрепление позиций. Она наиболее привлекательна тем, что на ней происходит наибольший рост.

На стадии «Расширение» идет улучшение своих позиций на рынке и нахождение новых путей. В стадию «Расширение» фирма попадает из стадии «Становление», из самой себя или из стадии «Стабилизация», при условии, что компанией будет принято решение о модернизации, например, поиск новых продуктов.

Стадия «Стабилизация» приводит деятельность организации к нормам и упорядочивает все процессы. В эту стадию можно попасть из нее самой, из «Расширения», то есть из стадии, которая вызвала волнения процессов, которые обнуляет стадия, и из стадии «Упадка», когда приняты недостаточные меры для перехода в стадию «Становление».

Стадия «Упадка» характеризуется присутствием отрицательных тенденций роста. Исходя из работы Д.Миллера и П.Фризена [3], стадия «Упадка» может начаться в компании в любой момент своей жизни.

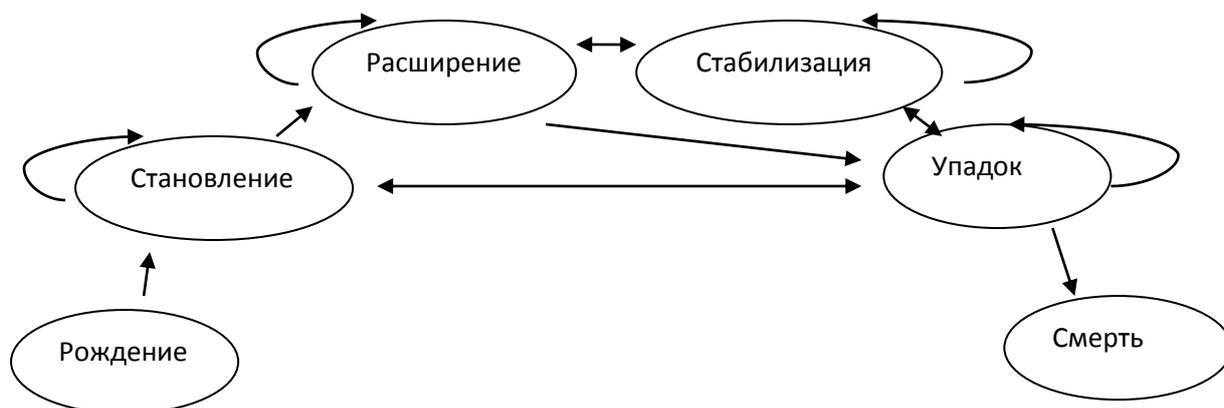


Рисунок 2 [Схема переходов между стадиями в модели ЖЦО]

Данная схема будет являться основой для информационно-логической модели, по которой будет строиться математическая модель и последующая программная ее реализация.

1.3 Анализ литературы и постановка задачи

Единой методологии изучения ЖЦО на данный момент не существует.

Для моделирования ЖЦО используются два типа подходов: теоретический и эмпирический.

Все ранние исследования являлись теоретическими и были образованы во времена зарождения самого термина ЖЦО и строились на заимствовании представления жизненного цикла в других науках.

Модель А. Даун, “Движущие силы роста” (1967) [14] знаменательна тем, что она была создана одной из первых. Вышеупомянутая модель состоит из трех стадий: -Борьба за автономию

-Стремительный рост

-Замедление.

Следующая интересная работа И. Адизес, “Теория жизненных циклов организации” (1979) [8]. Девять стадий: - Выхаживание

- Младенчество

- Юность

- Рассвет

- Стабильность

- Аристократизм

- Ранняя бюрократия

- Бюрократия

- Смерть.

Адизес был первым, кто включил в список обязательных стадий «Смерть», до него модели заканчивались на стадии «Зрелость». Также модель не предусматривает переход через стадии или возвращение назад.

Модель Д.Миллер и П. Фризена интересна тем, что в ней впервые формализовали параметры, по значениям которых можно отнести организацию к той или иной стадии. В таблице 1 представлены основные положения модели.

Таблица 1 [Критерии определения стадий развития организаций]

Фазы развития	Критерии
Рождение	Возраст фирмы младше 10 лет, имеет неформальную структуру, во главе управления – менеджер-собственник
Развитие	Уровень продаж возрастает более чем на 15%, функционально организованная структура, политика формализована
Зрелость	Уровень продаж растет, но прирост составляет менее 15%, более бюрократическая организация
Расцвет	Уровень продаж снова возрастает более чем на 15%, используются сложные системы контроля и планирования
Спад	Ограничение выпуска продукции, прибыль падает

Целью работы Ханкса, Ватсона, Янсена, Чандлера «Таксономическое исследование жизненных циклов организации в высокотехнологичных отраслях» [10] было систематизировать данные об организации и найти оптимальное количество стадий ЖЦО. Основным инструментом было разделение организаций на кластеры и последующий кластерный анализ. В итоге (Рисунок 3) у них получилось четыре основных и две специфических стадии, которые появляются в нетривиальных случаях. Это первая работа использующая эмпирические методы.

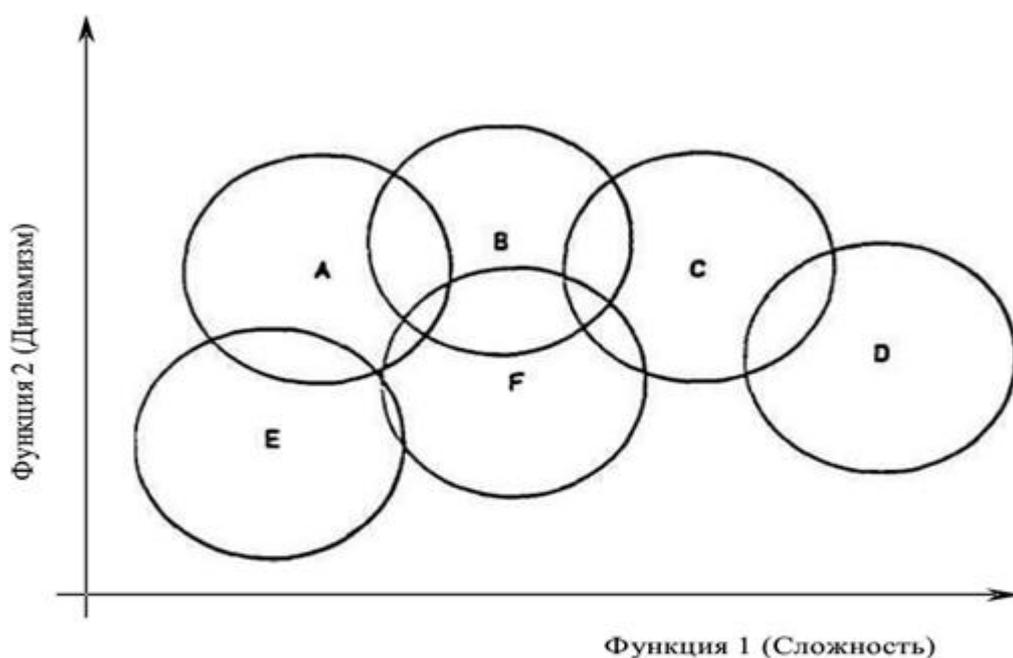


Рис.3 Диаграмма кластерных центров и групповых наложений:
кластерные переменные

Источник: [Hanks et al., 1993, p. 20].

Широкова Г.В. в своей книге «Жизненный цикл организации: концепции и российская практика» [2] проводит большое исследование российских компаний, начавших свою деятельность после 1991 года. С использованием регрессионного анализа показывается оптимальное количество стадий для таких компаний и эффективные пути для их работы.

Работа Михенко П.А, «Принципы моделирования жизненного цикла организации в классе систем со случайной скачкообразной структурой, 2009 [7], рассматривает организацию как динамическую систему, а переход между стадиями как вероятностный процесс. Используется построение байесовской модели и проверка гипотез.

На примере проанализированной литературы, в которой проводится моделирование жизненного цикла организации с помощью математических методов, можно выделить основные задачи исследования.

Постановка задачи:

1. Проведение анализа предметной области ЖЦО, выделение основных сущностей и характеристик организаций.
2. Формализация и построение информационно-логической модели ЖЦО.
3. Построение математической модели переходов организаций между стадиями на основе наиболее важных характеристик выбранной нами организации с помощью скрытых марковских моделей.
4. Создание программной реализации построенной математической модели.
5. Проверка работоспособности данной модели на основе данных из открытых источников выбранной организации.

Глава 2. Математическая модель жизненного цикла организации

2.1 Математический аппарат и подходы к анализу жизненного цикла организации

Основное правило ЖЦО: переход из одной стадии в другую происходит не случайно, а прогнозируемо.

Базовым инструментом исследования ЖЦО является моделирование, то есть построение модели и ее последующий анализ. Это экономит время и является единственным способом рассмотреть поведение объекта в будущем.

В основу берутся ранние теоретические модели ЖЦО. Затем для создания эмпирических моделей используется большая база знаний, накопленная за годы.

Эмпирические модели строятся с помощью стохастических и статических методов, а именно: регрессионный анализ, корреляционный анализ, дисперсионный анализ и теория динамических систем.

Основная задача: определить вероятность того, что организация после какого-либо действия, влияющего на его функцию, окажется на той или иной стадии. Например, при успешном поиске спонсоров организация попадет в состояние «Расширение» с вероятностью $p_1 = 0,99$, а в стадию Упадка $p_2 = 0,01$.

Мы будем использовать метод вероятностного анализа, а именно Скрытые Марковские Модели (СММ). В СММ необходимо определить случайную величину – вероятность нахождения системы в каком-то состоянии (стадии), и вектор наблюдаемых параметров, в зависимости от значений которых мы будем определять вероятность нахождения системы в каком-то состо-

янии. Рассмотрим наиболее вероятное изменение параметров при определенных условиях, а затем спрогнозируем дальнейшую жизнь организации.

Моделировать будем вероятность перехода вектора параметров из одного состояния в другое в течении времени, а на основе состояния вектора параметров будем принимать решение, на какой стадии ЖЦ находится организация.

Необходимо рассмотреть понятие СММ. Введем следующие обозначения: M – число различных наблюдаемых объектов.

$V = \{v_1, \dots, v_M\}$ – множество всех возможных наблюдаемых объектов

N – число состояний модели

$S = \{S_1, \dots, S_N\}$ – множество состояний модели, то есть стадии ЖЦО

q_t – состояние, в котором находится модель в момент времени t (т.е. $q_t \in \{S_1, \dots, S_N\}$, при этом t дискретно), то есть определение стадии в момент времени

o_t – объект, наблюдаемый в момент времени t (т.е. o_t – один из объектов v_i)

$O = \{o_1, \dots, o_T\}$ – наблюдаемая последовательность

T – длина наблюдаемой последовательности

$\pi = \{\pi_i\}$ – распределение вероятностей выбора начального состояния, т.е.

$\pi_i = P(q_1 = S_i)$ – распределение системы в начальный момент времени, какова вероятность оказаться на той или иной стадии в начальный момент времени

$A(a_{ij})$ – матрица вероятностей перехода - квадратная матрица $N \times N$

a_{ij} – вероятность перехода из состояния S_i в состояние S_j – условная вероятность, $a_{ij} = P(q_t = S_j | q_{t-1} = S_i)$, при этом считаем, что она не зависит от времени, то есть какова вероятность перейти из одной стадии в другую

$B(b_j(k))$ – вероятность того, что в состоянии S_j наблюдается объект v_k , т.е. $b_j(k) = P(o_t = v_k | q_t = S_j)$ – матрица $N \times M$, то есть вероятность перехода в ту или иную стадию в зависимости от наблюдаемых параметров.

Определение: Скрытой Марковской моделью λ будем называть набор $\lambda = (A, B, \pi)$.

Значения в матрицах вероятностей переходов A и условных вероятностей B берутся из статических данных. Примем матрицы A и B не меняющими свои значения - константами. Но в реальной жизни возникает потребность изменения констант с течением времени. То есть по прошествии какого-то периода времени необходимо проводить редактирование матрицы A и B . Данная задача в рамках ВКР рассматриваться не будет.

2.1 Методология проведения математического моделирования жизненного цикла организации

В этом пункте будут рассмотрены основные алгоритмы нахождения СММ и определен наблюдаемый параметр системы.

Алгоритм прямого хода

Введем прямую переменную $\alpha_t(i)$, которую определим для заданной модели λ как значение вероятности того, что к моменту времени t наблюдалась последовательность $o_1 o_2 \dots o_t$, и в момент t система находится в состоянии S_i :

$$\alpha_t(i) = P(o_1 o_2 \dots o_t, q_t = S_i | \lambda).$$

Задача: Найти $\alpha_t(i)$.

Значения прямой переменной вычисляются в соответствии со следующей процедурой:

1. Инициализация.

$$\alpha_1(i) = \pi_i b_i(o_1), \quad 1 \leq i \leq N$$

2. Для всех $t = 1, 2, \dots, T-1$, $1 \leq j \leq N$,

$$\alpha_{t+1}(j) = \left[\sum_{i=1}^N \alpha_t(i) a_{ij} \right] b_j(o_{t+1}).$$

Алгоритм обратного хода.

Введем обратную переменную $\beta_t(i)$, которую определим, как условную вероятность наблюдения последовательности $o_{t+1}, o_{t+2}, \dots, o_T$, начиная с момента $t+1$ до T при условии, что в момент времени t система находится в состоянии S_i :

$$\beta_t(i) = P(o_{t+1} o_{t+2} \dots o_T | q_t = S_i, \lambda).$$

Значения обратной переменной находятся из следующих соотношений:

1. Начальное значение:

$$\beta_T(i) = 1, \quad 1 \leq i \leq N.$$

2. Для всех $t = T-1, T-2, \dots, 1$, $1 \leq i \leq N$:

$$\beta_t(i) = \sum_{j=1}^N a_{ij} b_j(o_{t+1}) \beta_{t+1}(j),$$

Алгоритм Витерби (Viterbi Algorithm)

Пусть даны последовательность наблюдений $o_1 o_2 \dots o_T$ и модель $\lambda = (A, B, \pi)$. Ставится вопрос – как выбрать последовательность состояний $Q = q_1 q_2 \dots q_T$, которая с наибольшей вероятностью для данной модели λ порождает последовательность $o_1 o_2 \dots o_T$. То есть речь идет о нахождении наиболее вероятной последовательности состояний.

Алгоритм: Введем следующие переменные:

$$\delta_t(i) = \max_{q_1 q_2 \dots q_{t-1}} P(q_t = S_i \mid q_1 q_2 \dots q_{t-1}, o_1 o_2 \dots o_t, \lambda),$$

имеющую смысл максимальной вероятности того, что при заданных наблюдениях до момента t последовательность состояний завершится в момент времени t в состоянии S_i , а также переменную $\psi_t(j)$ для хранения аргументов, которая максимизирует $\delta_t(j)$.

1. Инициализация.

$$\delta_1(i) = \pi_i b_i(o_1), \quad 1 \leq i \leq N.$$

$$\psi_1(i) = 0.$$

2. Индуктивный переход.

$$\delta_t(j) = \max_{1 \leq k \leq N} [\delta_{t-1}(k) a_{kj}] b_j(o_t), \quad 1 \leq j \leq N, \quad 2 \leq t \leq T,$$

$$\psi_t(j) = \arg \max_{1 \leq k \leq N} [\delta_{t-1}(k) a_{kj}].$$

3. Останов.

$P^* = \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_T(i)]$ - наибольшая вероятность наблюдения последовательности $o_1 o_2 \dots o_T$, которая достигается при прохождении некой оптимальной последовательности состояний $Q^* = (q_1^*, \dots, q_T^*)$, для которой к настоящему моменту известно только последнее состояние:

$$q_T^* = \arg \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_T(i)]$$

4. Восстановление оптимальной последовательности состояний (обратный проход).

$$q_t^* = \psi_{t+1}(q_{t+1}^*), \quad t = T-1, T-2, \dots, 1.$$

В качестве основного показателя модели будет рентабельность.

Рентабельность – количественный показатель относительной эффективности работы организации, отношение доходов к расходам.

$$r = P/A, \text{ где } P - \text{доход, } A - \text{расход.}$$

Будем считать, что рентабельность в количественном отношении, влияющим на стадии, лежит в пределах:

1. $r < 1$ —ухудшение положения (состояние 1).
2. $1 \leq r < 1.15$ – стабильное положение (состояние 2);
3. $r \geq 1.15$ – улучшение положения (состояние 3).

То есть число различных наблюдаемых объектов у нас будет равно 3.

Вектор состояний рентабельности будет вектором наблюдаемых параметров в формализации СММ, то есть $O = \{o_1, \dots, o_T\}$.

2.3 Анализ данных, необходимых для проведения математического моделирования жизненного цикла организации

Рентабельность напрямую зависит от наблюдаемых параметров системы, необходимо определить параметры, от которых будет зависеть значение рентабельности.

Так как основной функцией нашей организации будет рентабельность, то можем выделить основные сущности из полного списка сущностей и характеристик ЦДО, указанного в п. 1.2, так как они наиболее влияют на рентабельность и имеют численное значение за определенное время:

- Время, выраженное в определенных периодах времени (месяц, год и т.д.): T ,
- Количество образовательных программ: N ,
- Стоимость образовательных программ с одного лица за определенный отрезок времени: $C = \{C_1, C_2, \dots, C_N\}$,
- Количество сотрудников: M ,
- Количество преподавателей: TH ,
- Количество слушателей на каждой образовательной программе: $L = \{L_1, L_2, \dots, L_N\}$,
- Арендная плата за определенный отрезок времени: R ,
- Налоги (составляют 7% от доходов): $0,07 \cdot P$,
- Зарплата каждого сотрудника за определенный период времени: $S_{TH} = \{S_{1TH}, S_{2TH}, \dots, S_{THTH}\}$,
- Зарплата каждого преподавателя за определенный период времени: $S_M = \{S_{1M}, S_{2M}, \dots, S_{MM}\}$,
- Реклама за определенный период времени: Mr ,
- Программы развития (государственные программы поддержки, гранты) за определенное количество времени: Pl .

Список разделяется на две основные подгруппы: расходы и доходы.

Доход за определенный период времени будет равен сумме доходов от каждой образовательной программы и сумме денежной поддержки от программ развития. Доход каждой образовательной программы будет считаться через произведение стоимости образовательной программы и количества слушателей.

Расход за определенный момент времени будет считаться, как сумма всех зарплат сотрудников и преподавателей, а также затрат на рекламу, аренду и налоги.

$$P = \sum_{i=1}^N L_i \cdot C_i + Pl$$

$$A = \sum_{j=1}^M S_{jM} + \sum_{k=1}^{TH} S_{kTH} + Mr + R + 0,07 \cdot P$$

$$TH \leq N$$

Тогда формула рентабельности принимает вид:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N L_i C_i + Pl}{\sum_{j=1}^M S_j + \sum_{k=1}^{TH} S_k + Mr + R + 0,07 \cdot P}$$

Глава 3. Математическое моделирование жизненного цикла Центра Дополнительного Образования

3.1 Анализ данных Центра Дополнительного Образования

ЦДО «Юниум» является франшизой, то есть существует несколько компаний, работающих под одним именем. Поэтому нами взят один филиал в городе Санкт-Петербурге на Ленинском проспекте. Данные рассматриваемые в работе являются полученными из открытых источников. Определенным периодом времени будем считать месяц.

Курсов $N = 17$;

Стоимость курсов $L_N = \{3750, 3250, 4350, 5550, 4350, 4350, 4950, 4950, 4350, 4350, 4350, 4350, 4350, 4350, 4350, 4750, 4950\}$;

Количество человек на каждом курсе $C_N = \{5, 6, 7, 5, 9, 7, 8, 6, 8, 5, 7, 9, 9, 10, 8, 3, 12\}$;

Государственные гранты $Pl=0$;

Количество дополнительных работников $M=3$;

Количество учителей $TH = 17$;

Зарботная плата уборщицы, администратора, помощника администратора $S_M = \{15000, 35000, 10000\}$;

Зарботная плата преподавателей $S_{TH} = \{6000, 12000, 7000, 8000, 9000, 6000, 10000, 6000, 7000, 8000, 8000, 6000, 7000, 12000, 7000, 11000, 10000, 8000\}$;

Затраты на рекламу $Mr = 45000$;

Арендная плата помещения $R = 80000$;

При таких значениях $r=1.4317$ (состояние 3).

3.2 Математическое моделирование жизненного цикла

Моделирование будет проводиться на одном временном отрезке.

Число состояний модели (стадий ЖЦО) – 4.

Число состояний случайной величины (наблюдаемого параметра) – 3.

Таким образом в модели имеем матрицу A – матрица переходных вероятностей, размерности (4×4) и матрицу B – переходных условных вероятностей, размерности (4×3) .

Пусть матрица переходных вероятностей имеет значения:

$$A = \begin{pmatrix} 0.5 & 0.3 & 0.05 & 0.15 \\ 0.2 & 0.5 & 0.3 & 0.2 \\ 0.1 & 0.4 & 0.5 & 0 \\ 0.3 & 0.1 & 0 & 0.6 \end{pmatrix}$$

Элемент a_{23} обозначает переход из стадии «Расширения» в стадию «Стабилизации». Соответственно в строках показывается вероятность перехода из состояния строки с состояние столбца.

Матрица условных вероятностей:

$$B = \begin{pmatrix} 0.2 & 0.7 & 0.1 \\ 0.05 & 0.8 & 0.15 \\ 0.1 & 0.6 & 0.3 \\ 0.7 & 0.2 & 0.1 \end{pmatrix}$$

Показывает вероятность при попадании в одно из трех состояний

Распределение начальных вероятностей состояний:

$$\pi = (0.6 \quad 0.4 \quad 0 \quad 0)$$

Создана программная реализация. Сначала в блоке рентабельности (Приложение 2) производятся изменения данных, от которых зависит рентабельность. После шести изменений рентабельности значение данного вектора наблюдений заносится в некий файл. Затем в блоке реализации СММ (Приложение 3) согласно алгоритмам СММ происходит вычисление наиболее вероятного вектора перехода между стадиями. Для удобства пользования создан графический интерфейс пользователя (GUI)

Рассмотрим три сценария:

1. Негативный. Все решения, принятые компанией, приведут ее в 4 стадию, то есть Упадку, ожидаемый вектор стадий $v = [4 \ 4 \ 4 \ 4 \ 4]$.
2. Базовый. Решения, принятые организацией, будут оставлять ее на стадии Становления, $v = [2 \ 2 \ 2 \ 2 \ 2]$.
3. Позитивный, организация будет оставаться на стадии Расширения, $v = [3 \ 3 \ 3 \ 3 \ 3]$.

Первое состояние системы будет 3, так как они являются не моделируемыми и берутся из предыдущего пункта 3.1,.

1.Негативный сценарий

В связи с падение покупательной способности сокращается количество человек на каждом курсе на 50%, $r=0.7158$ (состояние 1)

Руководством принято решение сократить количество курсов на 5, чтобы уменьшить траты на заработную плату преподавателям, $r=0.6460$ (состояние1).

Сокращение затрат на рекламу на 15000, для того чтобы избежать дополнительных расходов, $r=0.6830$ (состояние 1).

Руководством принято увеличение стоимости курсов на 10%, $r=0.7874$ (состояние 1).

Из-за повышения стоимости курсов уменьшается количество человек на каждом курсе на 3%, $r=0.7638$ (состояние 1).

То есть вектор состояния $r = [3 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1]$. Тогда запустив программную реализацию получаем наиболее вероятный вектор стадий $v = [1 \ 4 \ 4 \ 4 \ 4 \ 4]$ (Приложение 1.1).

2.Базовый сценарий

В связи с политикой главного офиса происходит увеличение налогов на 20 %, $r=1.1020$ (состояние 2).

Из-за приближающегося времени сдачи экзаменов увеличивается количество слушателей на 1% на $r=1.1097$ (состояние 2).

В связи с инфляцией увеличивается арендная плата на 10%, $r=1.0909$ (состояние 2).

В связи с плохим преподаванием количество слушателей уменьшается на 3%, $r=1.1020$ (состояние 2).

Руководством принято решение увеличиваются затраты на рекламу на 5%, $r=1.0625$ (состояние 2).

Вектор состояний $r= [3 \ 2 \ 2 \ 2 \ 2 \ 2]$, тогда вектор $v= [1 \ 2 \ 2 \ 2 \ 2 \ 2]$ (Приложение 1.2).

3.Позитивный сценарий

В связи с падением покупательной способности сокращается количество людей на каждом курсе на 5%, тогда $r= 1.3495$ (состояние 3).

Повышаются затраты на рекламу, для того чтобы привлечь новых слушателей, на 10%, тогда $r=1.3328$ (состояние 2).

В связи с хорошей рекламной компанией повышается количество слушателей на 5%, $r=1.381$ (состояние 3).

Руководство решило поблагодарить сотрудников, которые хорошо выполнили работу, с помощью которой было повышено количество слушателей, выплата премии сотрудникам 5%, $r=1.1755$ (состояние 3).

В связи с хорошими показателями был выигран грант 30000 в единицу времени, $r= 1.2657$ (состояние 3).

$r= [3 \ 3 \ 2 \ 3 \ 3 \ 3]$. Тогда $v= [1 \ 2 \ 2 \ 3 \ 3 \ 3]$ (Приложение 1.3).

3.3 Анализ полученных результатов

Сравним полученные вектора стадий с предполагаемыми.

Сценарий	Предполагаемый вектор	Получившийся вектор
Негативный	4 4 4 4 4 4	1 4 4 4 4 4
Базовый	2 2 2 2 2 2	1 2 2 2 2 2
Позитивный	3 3 3 3 3 3	1 2 2 3 3 3

Первая стадия не совпадает, потому что моделирование начинается с начальных значений, при которых рентабельность $r=3$, а в векторе начальных положений наиболее вероятно тоже первая стадия. Таким образом первое значение не будем брать в расчет.

Предполагаемые и получившиеся вектора в базовом и негативном сценарии, по мимо первого состояния, которое было объяснено выше, совпадают.

Рассмотрим позитивный сценарий. Расширение наиболее привлекательная стадия, так как на ней происходит наибольший рост. Все продуманные действия руководителей направлены на достижение этой стадии. Рассмотрим суммы по столбцам в матрице переходных состояний: $a_1 = 1,1$, $a_2 = 1,3$, $a_3 = 0,85$, $a_4 = 0,95$. Минимальная достигается в третьем столбце, а максимальная во втором. Отсюда и следует несовпадение второй и третьей стадии у предполагаемого и получившегося сценария.

Из всего вышесказанного можем сделать вывод, что математическая модель, представленная в этой работе, правильно определяет динамику переходов между стадиями организации, при изменении тех или иных параметров.

Модель может быть применена в реальной жизни для принятия оптимального управляемого дальнейших действий организации.

Заключение

Данная работа показала возможность формализации концепции жизненного цикла организации, проведения анализа работы организации, на основании математической модели с использованием скрытой марковской модели, а также нахождения наиболее вероятной динамики переходов между стадиями жизненного цикла организации.

В данной работе решены следующие задачи:

- дано общее понятие жизненного цикла организации,
- описана предметная область исследования,
- выделены основные сущности и характеристики,
- создана информационно-логическая модель,
- с помощью математического аппарата – скрытые марковские модели – построена математическая модель жизненного цикла организации,
- проведена проверка работоспособности на основе данных центра дополнительного образования «Юниум».

Литература

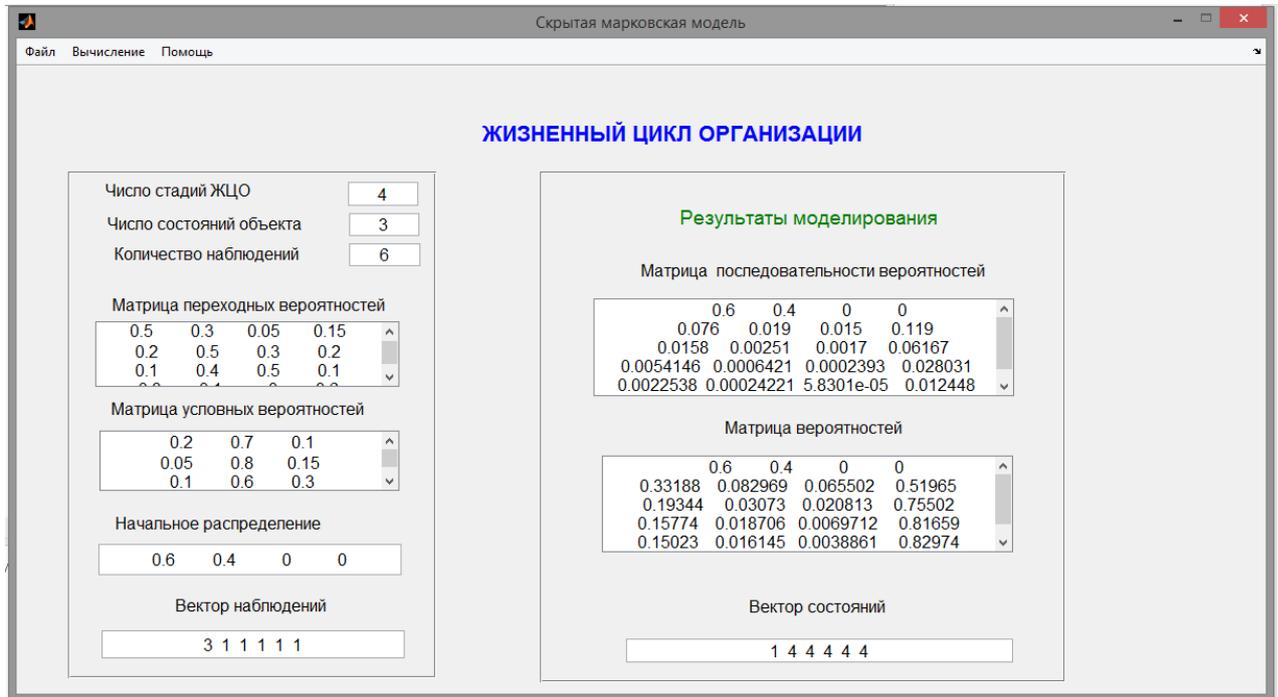
1. Пригожин А.И. Методы развития организаций. - М.: МЦФЭР, 2003. - 863с.
2. Широкова Г.В. Жизненный цикл организации: концепции и российская практика. – СПб.: Издательский дом СПбГУ, 2007. – 478с.
3. Miller D., Friesen P.H. A longitudinal study of the corporate life cycle // Management Science, 1984. -Vol. 30.- No. 10, pp. 1161-1183.
4. Ушаков К.М. Эволюция организации: развитие, расцвет, спад //Директор школы, 1998. - N 2. - С. 18-22.
5. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ. - 2-е изд., пер. и доп. Учебник для бакалавриата. – СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого , 2015. - 616с.
6. Биггарт Н. Социальная организация и экономическое развитие. // Экономическая социология, 2001. - Т. 2. - N 5. -С. 49-58
7. Михненко П.А. Принципы моделирования жизненного цикла организации в классе систем со случайной скачкообразной структурой// Менеджмент в России и за рубежом,2009. - №4. –С.13-22
8. Адизес Ицхак Управление жизненным циклом корпораций. –М.: Манн, Иванов и Фербер,2014. - 512с.
9. Широкова Г.В. Управление предпринимательской фирмой. –СПб.: Высшая школа менеджмента,2011. – 384с.
10. Hanks S., Watson C., Jansen E., Chandler G. Tightening the life-cycle construct: A taxonomic study of growth stage configurations in high-technology organizations // Entrepreneurship Theory and Practice. – 1993. – № 12(2). – 5-30с.
11. Широков Г.В. Стратегии российских компаний на разных стадиях жизненного цикла: попытка эмпирического анализа //Научные доклады ВШМ СПбГУ, № 5(R)–2006. - 31с.

12. «Теория систем и системный анализ» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://victor-safronov.ru/systems-analysis/lectures/rodionov/01.html> (дата обращения 21.01.17).
13. Информационный портал о франшизе «Юниум» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://fr.unium.ru> (дата обращения 29.03.17).
14. Модели жизненного цикла организации [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://iq.hse.ru/more/management/modeli-zhiznennogo-tsikla-organizatsij> (дата обращения 01.02.17)
15. Буре В.М. и др. Теория вероятностей. — СПб.: Издательский дом СПбГУ, 2008. — 111с.
16. Колпак Е.П., Балыкина Ю.Е. Введение в Matlab. — СПб.: Издательский дом СПбГУ, 2013 - 300 с.

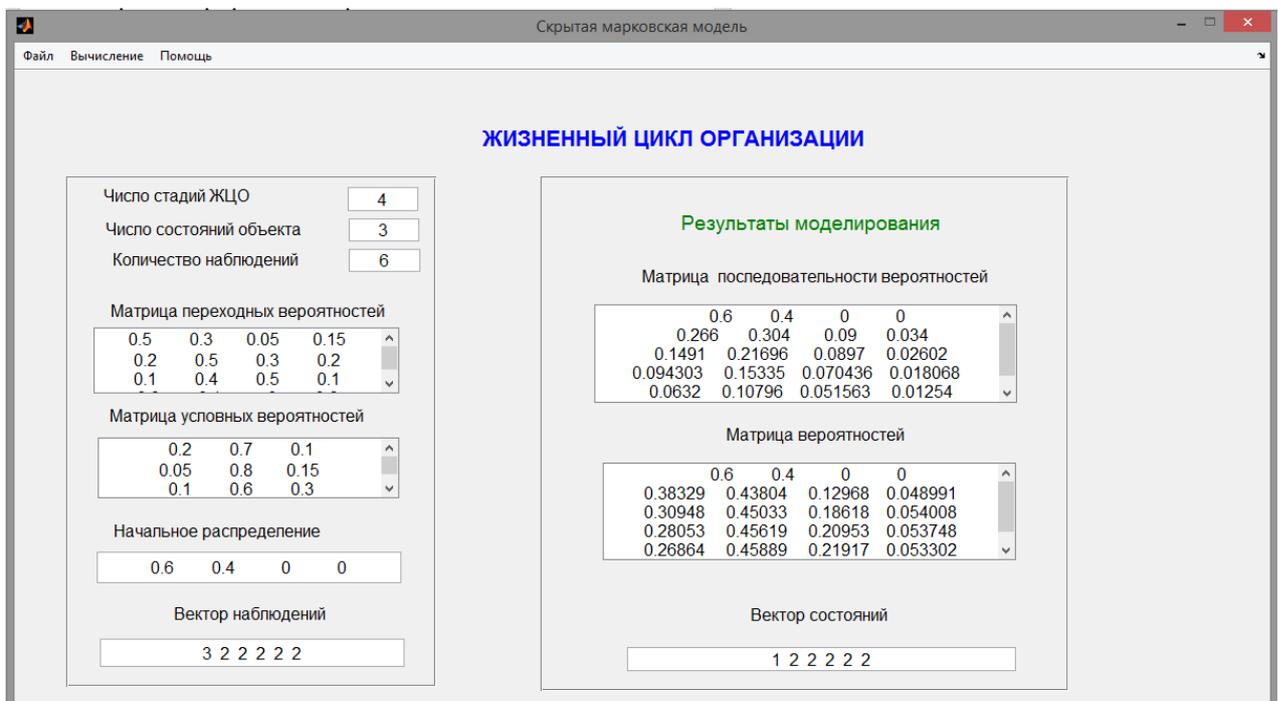
Приложение

Приложение 1.

Приложение 1.1 Пример Негативного сценария.



Приложение 1.2. Пример Базового сценария.



Приложение 1.3. Пример Положительного сценария.

Скрытая марковская модель

Файл Вычисление Помощь

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ОРГАНИЗАЦИИ

Число стадий ЖЦО:

Число состояний объекта:

Количество наблюдений:

Матрица переходных вероятностей

0.5	0.3	0.05	0.15
0.2	0.5	0.3	0.2
0.1	0.4	0.5	0.1

Матрица условных вероятностей

0.2	0.7	0.1
0.05	0.8	0.15
0.1	0.6	0.3

Начальное распределение

0.6	0.4	0	0
-----	-----	---	---

Вектор наблюдений

3	3	2	3	3	3
---	---	---	---	---	---

Результаты моделирования

Матрица последовательности вероятностей

0.6	0.4	0	0
0.038	0.057	0.045	0.017
0.028	0.04768	0.0249	0.00636
0.0027934	0.0064254	0.0084462	0.0020042
0.00041277	0.0011444	0.0018871	0.00037512

Матрица вероятностей

0.6	0.4	0	0
0.24204	0.36306	0.28662	0.10828
0.26183	0.44586	0.23284	0.059473
0.14202	0.32667	0.42941	0.1019
0.10807	0.29964	0.49408	0.098214

Вектор состояний

1	2	2	3	3	3
---	---	---	---	---	---

Приложение 2. Программная реализация вычисления состояния рентабельности

```
% Начальные данные для вычисления рентабельности-----
ln=[3750, 3250, ...]; % цена каждого курса
cn=[5,6,...]; % кол-во человек на каждом курсе
pl=0; % государственные гранты
sm=[15000, 35000, 10000]; % заработная плата сотрудников
sth=[6000,12000,...]; % заработная плата преподавателей
mr=45000; % затраты на рекламу
R=80000; % аренда помещения
% Изменения данных в зависимости от ситуации-----
cn=cn*95/100;
mr=mr*110/100;
cn=cn*105/100;
sm=sm+sm*5/100;
% -----
proiz=ln.*cn;
A=sum(proiz)+pl;
P=sum(sm)+sum(sth)+mr+R+7/100*A;
r=A/P;% рентабельность
if r<1
    sost=1;
    disp(r);
    disp(sort);
end
if r>=1 && r<1.15
    sort=2;
    disp(r);
    disp(sort);
end
if r>=115/100
    sort=3;
    disp(r);
    disp(sort);
end
```

Приложение 3: Программная реализация СММ.

```
function Calculate_Callback(hObject, eventdata, handles)

% Ввод данных, считанных из файла-----
n=handles.n;
n1=handles.n1;
n2=handles.n2;
A=handles.A;
B=handles.B;
P=handles.P;
VN=handles.VN;

A1=num2str(A);
B1=num2str(B);
P1=num2str(P);

set(handles.edit3,'Max',3);
set(handles.edit4,'Max',3);
set(handles.edit8,'Max',3);
set(handles.edit9,'Max',3);

set(handles.edit1,'string',num2str(n));
set(handles.edit2,'string',num2str(n1));
set(handles.edit7,'string',num2str(n2));
set(handles.edit3,'string',A1);
set(handles.edit4,'string',B1);
set(handles.edit5,'string',P1);
set(handles.edit6,'string',num2str(VN));

%Перемножение матриц B и  $\pi$ 
for i1=2:n2;
    for i2=1:n;
        BT(i1,i2)=B(i2,VN(i1))
    end
end

% Начальное распределение
a1=zeros(n2,n)
for i3=1:n
    a1(1,i3)=P(1,i3)
end

for i=2:n2
    for i1=1:n
```

```

        al(i,i1)=0
        for i2=1:n
            al(i,i1)=al(i,i1)+al(i-1,i2)*A(i2,i1);
        end
        al(i,i1)=al(i,i1)*BT(i,i1)
    end
end
al
sum_al=sum(al,2)
for i=1:n2
    al_p(i,:)=al(i,+)/sum_al(i)
end

[P3, ind]=max(al_p,[],2)
ind1=ind'
set(handles.edit8,'string',num2str(al));
set(handles.edit9,'string',num2str(al_p));
set(handles.edit10,'string',num2str(ind1));

```