



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель программы аспирантуры

1.2.3 Теоретическая информатика,

кибернетика

Артемяева И.Л.

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. директора департамента

программной инженерии и

искусственного интеллекта

Смагин С.В.

« 28 » июня 2022 г.

28 » июня 2022 г..

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Математические модели и методы в приложениях, планировании и прогнозировании

1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика (физико-математические науки)

курс 2 семестр 3

лекции 8 час. / з.е.

практические занятия 10 час. / з.е.

лабораторные работы - час. / з.е.

с использованием МАО лек. /пр. /лаб. час.

всего часов контактной работы 72 час.

в том числе с использованием МАО час., в электронной форме 10 час.

самостоятельная работа 54 час.

в том числе на подготовку к экзамену - час.

зачет семестр

экзамен 3 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов), утвержденными Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. N 951 и паспортом научной специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика (физико-математические науки)

Рабочая программа обсуждена на заседании программной инженерии и искусственного интеллекта, протокол № 6.1 от «24» июня 2022 г.

И.о. директора департамента программной инженерии и искусственного интеллекта Смагин С.В.
Составитель: Абрамов А.Л., профессор Института математики и компьютерных технологий

Оборотная сторона титульного листа

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры / академического департамента:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой /директор академического департамента

(подпись)

(И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры (академического департамента):

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой/директор академического департамента

(подпись)

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Математические модели и методы в приложениях, планировании и прогнозировании» предназначена для аспирантов, обучающихся по программе аспирантуры 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика (физико-математические науки).

Трудоемкость дисциплины – 2 зачетных единиц (72 часа), включает в себя 8 часов лекционных занятий, 10 часов практических занятий и 54 часа самостоятельной работы.

Дисциплина «Математические модели и методы в приложениях, планировании и прогнозировании» входит в образовательный компонент учебного плана.

Дисциплина обеспечивает высокий уровень овладения аспирантами кибернетикой, математическими моделями и методами в приложениях, планировании и прогнозировании, что позволяет им использовать достижения мировой науки в научно-исследовательской и преподавательской деятельности.

Цель дисциплины: развитие способности и готовности использовать стратегии формирования сетей в стратегическом планировании (стратегическом анализе, целеполагании, прогнозировании, планировании и программировании социально-экономического развития), распространения потоков, объектов в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях, формулировать равновесные и экстремальные задачи на сетях и графах, обнаруживать соответствующие явления при стратегическом планировании в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях, обосновывать адекватность используемых моделей.

Задачи:

– Изучить и усвоить понятия формирования сетей в стратегическом планировании: стратегическом анализе, целеполагании, прогнозировании, планировании и программировании социально-экономического развития;

– освоить понятия, гипотезы, теоремы, математические модели, численные алгоритмы и программы, методы экспериментального исследования свойств явлений, процессов, составляющие содержание дисциплины;

– уметь использовать полученные знания и умения в научно-производственной и социально-экономической сфере.

В результате изучения дисциплины у аспирантов формируются следующие знания, умения и навыки.

Формулировка требований	Этапы формирования	
Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной	Знает	методы научных исследований и основы организации научно-исследовательской деятельности в области «Математические модели и методы в приложениях, планировании и прогнозировании»
	Умеет	использовать современные методы исследований в области «Математические модели и методы в приложениях, планировании и прогнозировании»

области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Владеет	информационно-коммуникационными технологиями исследований в области «Математические модели и методы в приложениях, планировании и прогнозировании»
Способность и готовность использовать стратегии формирования сетей и модели распространения потоков, объектов в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях в рамках теории графов и комбинаторного анализа	Знает	стратегии формирования сетей и модели распространения потоков, объектов в экономических, финансовых, социальных и аналитических сетях
	Умеет	использовать современные методы исследований в области стратегии формирования сетей в экономических, финансовых, социальных и аналитических сетях
	Владеет	методами разработки и анализа моделей распространения потоков, объектов в экономических, финансовых, социальных и аналитических сетях

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (8 час.)

Раздел 1. Основные подходы к стратегическому планированию (2 час.)

Графовые и сетевые модели и методы в стратегическом планировании развития объектов управления: общие принципы и техника организации процесса стратегического планирования; элементы стратегического планирования; управление процессом стратегического планирования; организационные структуры стратегического планирования; стратегический анализ, определение целей, формирование программ; стратегический анализ; выбор цели и направления развития объекта; формирование стратегий действий.

Раздел 2. Графовые модели целеполагания. Деревья целей (2 час.)

Определение и упорядочение целей является важнейшим элементом стратегического планирования. Однако усиление в планово-управленческой деятельности ориентации на конечные результаты, расширения использования специальных методов управления (управления по целям), возрастание требований к повышению качества выполнения отдельных управленческих функций требуют использования при построении системы целей специальных методов и подходов.

Методы целеполагания: логическая структуризация целей, при осуществлении которой на каждом уровне структуризации используются заранее выбранные принципы структуризации (метод структуризации); метод парных сравнений, основанный на применении отношения «целое-частное»; структуризация на основе контент-анализа формулировок целей; совместное применение первого и второго методов. Метод структуризации предназначен для построения «дерева классификации». Одной из задач применения метода структуризации является установление полного набора элементов (цели, подцели, мероприятия и т.п.) на каждом уровне структуризации и установление взаимосвязей между ними, другая –

последующее определение коэффициентов относительной важности (приоритетов) отдельных элементов «дерева целей». Построение дерева целей на основе контентанализа дает возможность сформировать первоначальный вариант каталога целей, который после его дополнения может служить базой для построения дерева целей на основе других методов целеполагания. Множество подходов к формированию дерева целей: четыре традиционных метода.

Раздел 3. Целеполагание с помощью технологии репертуарных решеток (2 час.)

Основные понятия и определения. Графовые модели. После того, как определены элементы решетки, необходимо перейти к разработке конструкторов. Фундаментальный процесс, лежащий в основе работы репертуарной решетки – процесс, известный как выявление конструкторов. Способы выявления конструкторов. Анализ репертуарных решеток. Формально-структурные характеристики системы индивидуальных конструкторов (степень дифференцированности и интегрированности системы, выраженность первой главной компоненты, числа изолированных конструкторов и т. д.). Содержательно-смысловые характеристики индивидуальных конструкторов.

Построение репертуарных решеток. Анализ репертуарной решетки с помощью метода визуальной фокусировки. Анализ репертуарной решетки с помощью метода главных компонент. Методика стратегического планирования, использующая графовые модели репертуарных решеток. Построение дерева проблем с применением репертуарных решеток. Анализ целей и выбор стратегии. Отличие построения дерева целей техникой репертуарных решеток от традиционного метода.

Раздел 4. Графовые модели в логико-структурном подходе в стратегическом планировании (2 час.)

Основные понятия и определения LFA (Logical Framework Approach - «логико-структурный подход» или логико-структурный метод). Метод, или алгоритм, расписанный по шагам примерный набор действий, которые выполняются для того, чтобы составить программу действий, разработать стратегию достижения какой-то конкретной цели. Эти действия могут быть направлены, в общем случае, на решение экономических, научных, бытовых проблем, на планирование производства и др. Исследование того, как на основе одних утверждений получить другие, то есть изучение процесса построения причинно-следственных связей в стратегическом планировании и целеполагании, в частности. В логико-структурном подходе используется анализ логических закономерностей: если у нас есть информация о нескольких свершившихся событиях, то можно сделать заключение о предполагаемом событии, которое за ними последует. Графовые модели в логико-структурном подходе в стратегическом планировании. Основы логико-структурного подхода (ЛСП). Сильные и слабые стороны ЛСП. Использование ЛСП в проектном планировании. Графовые модели в ЛСП.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (10 час., в том числе 10 час. с использованием методов активного обучения)

Занятие 1. Основные подходы к стратегическому планированию (2 час.)

Занятие 2. Графовые модели целеполагания. Деревья целей (3 час.)

Занятие 3. Целеполагание с помощью технологии репертуарных решеток (3 час.)

Занятие 4. Графовые модели в логико-структурном подходе в стратегическом планировании (2 час.)

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Математические модели и методы в приложениях, планировании и прогнозировании» представлено в приложении 1, и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

IV. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО- МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(печатные и электронные издания)

1. Сагадеева, М. А. Теория графов: учебное пособие / М. А. Сагадеева. — 2-е изд. — Челябинск, Саратов: Южно-Уральский институт управления и экономики, Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 143 с. — ISBN 978-5-4486-0679-3. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-81497&theme=FEFU>, <https://www.iprbookshop.ru/81497.html>
2. Асанов, М. О. Дискретная математика: графы, матроиды, алгоритмы: учебное пособие / М. О. Асанов, В. А. Баранский, В. В. Расин. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 364 с. — ISBN 978-5-8114-4998-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=Lan:Lan-130477&theme=FEFU>, <https://e.lanbook.com/book/130477>
3. Моделирование процессов и систем: учебное пособие для вузов / В. К. Морозов, Г. Н. Рогачев. Москва: Академия, 2015. 264 с. <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=chamo:785457&theme=FEFU>
4. Алексеенко, В. Б. Математические модели в экономике: учебное пособие / В. Б. Алексеенко, Ю. С. Коршунов, В. А. Красавина. — Москва: Российский

университет дружбы народов, 2013. — 80 с. — ISBN 978-5-209-04814-5. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-22160&theme=FEFU>
<https://www.iprbookshop.ru/22160.html>

Дополнительная литература

1. Абрамов А.Л., Макаров И.М., Соколов В.Б. Целевые комплексные программы. – М.: Знание, 1980 – 136 с.

1. Dixit, A. and Stiglitz, J. Monopolistic competition and optimum product diversity// American Economic Review 67, 1977. - 297-308 p.

2. Абрамов А.Л., Назарова И.Н. Моделирование экономического пространства и экономический анализ // Экономический анализ на дальнем востоке России, М.: Московский Общественный Научный Фонд, 2005. – 111 с.

3. Шевяхова Е.Ю., Рычков О.А. «Новая экономическая география» и вопросы экономической политики. – М.: EERC, 2005. – 260 с.

4. Абрамов А.Л., Достовалов В.Н., Величко А.С., Давыдов Д.В. Моделирование экономического пространства и стратегическое развитие территорий // Стратегическое планирование на Дальнем Востоке: ответ на глобальные и локальные вызовы. - М.: Московский Общественный Научный Фонд, 2006. - 195с.

5. Krugman P. Increasing Returns and Economic Geography, Journal of Political Economics 99(3), 1991, p. 483-499

6. Fujita M., Krugman P. and Venables A.J. The Spatial Economy. London: MIT Press, 1999. – 680 p.

7. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. - М.: Мир, 1978. – 360 с.

8. Майника Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах. - М.: Мир, 1981. – 320 с.

9. Филипс Д., Гарсиа-Диас А. Методы анализа сетей. - М.: Мир, 1984. – 496 с.

10. Кирсанов, М.Н. Графы в Maple. Задачи, алгоритмы, программы / М.Н. Кирсанов. — М.: Физматлит, 2006. — 168 с.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2738

11. Сибрикова М. А. Прогнозирование использования и управления городскими территориями. Конспект лекций. - Челябинск.: ЮУрГУ. 2003, 63 с.

12. Стюарт В. Практическое применение репертуарных решеток в бизнесе, 1997, 123 с.

13. Территориальное стратегическое планирование при переходе к рыночной экономике: опыт городов России, МЦСЭИ «Леонтьевский центр», 2003, 382 с.

14. Франселла Ф., Баннистер Д. Новый метод исследования личности, Москва, «Прогресс», 1987. – 350 с.

15. SPSS BASE 8.0. Руководство по применению SPSS. - М.: СПСС РУСЬ. 1998.

16. Жамбю М. Иерархический кластер-анализ и соответствия. М.: Финансы и статистика, 1988. с. 342.

17. Метод LFA – режим доступа: <http://sgotin.livejournal.com/6111.html>

18. Current J., M. Daskin, D. Schilling. Discrete Network Location Models, Facility Location: Applications and Theory. - 2001.

19. Daskin MS (1995) Network and discrete location: Models, algorithms, and applications. Wiley, New York
20. Hakimi S. L. Optimum location of switching centers and the absolute centers and medians of a graph. // Operations Research, 12. - 1964.
21. Hakimi S. L. Optimum location of switching centers in a communications network and some related graph theoretic problems. // Oper Res, 13. – 1965.
22. Hakimi S. L., Schmeichel E. F., Pierce J. G. On p-Centers in Networks. // Transportation Science Vol. 12, # 1. – 1978
23. I. Grossman. Review of Nonlinear Mixed-Integer and Disjunctive Programming Techniques. Carnegie-Melon University, 2002.
24. Lind, D. A. Basic Statistics For Business and Economics / D. A., Lind, R. D Mason. – IRWIN, 1994.
25. Mirchandani PB, Francis RL (1990) Discrete location theory. Wiley, New York
26. Reinert K., Klau G. Lagrangian Relaxation. // Discrete Mathematics for Bioinformatics WS 07/08. – Dezember 2007.
27. Reza Zanjirani Farahani, Masoud Hekmatfar. Facility Location: Concepts, Models, Algorithms and Case Studies. Springer Dordrecht Heidelberg London New York, 2009.
28. Singer S. Multi-Centers and Multi-Medians of a Graph with Application to Optimal Warehouse Locations. Presented at the 16th TIMS conference. - 1968.
29. Sven Leyffer, Jeff Linderoth. Practical guide to Mixed Integer Nonlinear Programming. SIAM conference on optimization, Stockholm, Sweden, May 2005.
30. Иванов, Б.Н. Дискретная математика. Алгоритмы и программы. Полный курс/ Б.Н. Иванов. — М.: Физматлит, 2007. — 406 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=59461
31. Ржевский, С.В. Исследование операций / С.В. Ржевский. — СПб.: Лань, 2013. — 476 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=32821
32. Горлач, Б.А. Исследование операций / Б.А. Горлач. — СПб.: Лань, 2013. — 442 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=4865

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронно-библиотечная система - <http://e.lanbook.com/>;
2. Студенческая электронная библиотека - <http://www.studentlibrary.ru/>;
3. Электронно-библиотечная система - <http://znanium.com/>;
4. Электронная библиотека - <http://www.nelbook.ru/>;
5. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>;
6. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>;
7. База данных полнотекстовых академических журналов Китая <http://oversea.cnki.net/>;
8. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки <http://diss.rsl.ru/>;
9. Электронные базы данных EBSCO <http://search.ebscohost.com/>.

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

№ п/п	Место расположения компьютерной техники, на которой установлено программное обеспечение, количество рабочих мест	Перечень программного обеспечения
1.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус D, ауд. D733а. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: компьютерный класс	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30. Родительская программа Campus 3 49231495. Торговый посредник: JSC "Softline Trade" Номер заказа торгового посредника: Tr000270647-18.
2.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус D, ауд. D732. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Photoshop CC for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscription Renewal №ЭА-667-17 от 08.02.2018. 07,

V. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

В процессе изучения дисциплины «Математические модели и методы в приложениях, планировании и прогнозировании» предлагаются разнообразные методы и средства освоения учебного материала: лекции, лабораторные работы, коллоквиумы, тестирование, самостоятельная работа аспирантов.

Лекции

Лекция – основная активная форма аудиторных занятий, необходимая для разъяснения основополагающих теоретических разделов. Предполагает интенсивную умственную деятельность аспиранта. Лекция носит познавательный, развивающий, воспитательный и организующий характер. Конспект лекций помогает усвоить теоретический материал дисциплины. При слушании лекции надо конспектировать ее рубрикацию, терминологию, ключевые слова, определения, формулы, графические схемы. Конспект является полезным, когда он пишется самим аспирантом. Можно разработать собственную схему сокращения слов. Название тем, параграфов можно выделять цветными маркерами.

При домашней работе с конспектом лекций необходимо использовать основной учебник и дополнительную литературу, которые рекомендованы по данной дисциплине. Именно такая серьезная работа аспиранта с лекционным материалом позволяет достичь ему успехов в овладении новыми знаниями.

При изложении лекционного курса по дисциплине «Математические модели и методы в приложениях, планировании и прогнозировании» в качестве форм интерактивного обучения используются: лекция-беседа, лекция-визуализация, лекция пресс-консультация, которые строятся на базе предшествующих знаний и знаний смежных дисциплин. Для иллюстрации словесной информации применяются презентации, интерактивная доска, таблицы, схемы. По ходу изложения лекционного материала ставятся проблемные и провоцирующие вопросы, включаются элементы дискуссии.

Лекция-визуализация. Чтение лекции сопровождается компьютерной презентацией с базовыми текстами (заголовки, формулировки, ключевые слова и термины), иллюстрациями микроскопических и ультрамикроскопических изображений клеток и тканей, рисованием схем и написанием формул на интерактивной доске, производится демонстрация наглядных таблиц и слайдов, что способствует лучшему восприятию излагаемого материала. Лекция - визуализации требует определенных навыков: словесное изложение материала должно сопровождаться и сочетаться с визуальной формой. Информация, изложенная в виде схем, таблиц, слайдов, позволяет формировать проблемные вопросы и способствует развитию профессионального мышления будущих специалистов.

Лекция-беседа – «диалог с аудиторией» – является распространенной формой интерактивного обучения и позволяет непосредственно вовлечь аспирантов в учебный процесс, так как создает прямой контакт преподавателя с аудиторией. Такой контакт достигается по ходу лекции, когда аспирантам задаются вопросы проблемного, провоцирующего или информационного характера или когда аспирантам самим предлагается задавать вопросы. Вопросы предлагаются всей аудитории, и любой из аспирантов может предложить свой ответ, другой может его дополнить. При этом от лекции к лекции выявляются активные и пассивные аспиранты, преподаватель по возможности активизирует аспирантов, которые не участвуют в работе. Такая форма лекции позволяет вовлечь всех аспирантов в работу, активизировать их внимание, мышление, получить коллективный опыт, научиться формировать вопросы. Преимущество лекции-беседы состоит в том, что она позволяет привлекать внимание аспирантов к наиболее важным вопросам темы, определять содержание и темп изложения учебного материала.

Лекция-консультация. Преподаватель делает краткое (тезисное) сообщение. Аспиранты задают вопросы, на которые отвечает преподаватель и другие аспиранты. На основе вопросов и ответов разворачивается творческая дискуссия.

Практические занятия

Лабораторные работы. Лабораторные работы повышают качество обучения, способствуют развитию познавательной активности у аспирантов, их логического мышления и творческой самостоятельности. В процессе выполнения лабораторных работ углубляются и конкретизируются теоретические знания, вырабатывается умение применять их на практике. Аспирант учится правильно использовать методы, видеть их достоинства и недостатки, получает неоценимый опыт по использованию данных методов. Все это позволяет глубже понять теоретическую информатику, кибернетику: модели и методы анализа. Формируются навыки научно-исследовательской работы и профессиональные компетенции.

Коллоквиумы. Коллоквиум – коллективная форма рассмотрения и закрепления учебного материала. Коллоквиумы являются одним из видов практических занятий, предназначенных для углубленного изучения дисциплины, проводятся в интерактивном режиме. На занятиях по теме коллоквиума разбираются вопросы, и затем вместе с преподавателем проводится их обсуждение, которое направлено на закрепление материала, формирование навыков вести полемику, развитие самостоятельности и критичности мышления, на способность аспирантов ориентироваться в больших информационных потоках, вырабатывать и отстаивать собственную позицию по проблемным вопросам учебной дисциплины «Теоретическая информатика, кибернетика».

В качестве методов интерактивного обучения на коллоквиумах используются: развернутая беседа, диспут, пресс-конференция.

Развернутая беседа предполагает подготовку аспирантов по каждому вопросу плана занятия с единым для всех перечнем рекомендуемой обязательной и дополнительной литературы. Доклады готовятся аспирантами по заранее предложенной тематике.

Диспут в группе имеет ряд достоинств. Диспут может быть вызван преподавателем в ходе занятия или же заранее планируется им. В ходе полемики аспиранты формируют у себя находчивость, быстроту мыслительной реакции.

Пресс-конференция. Преподаватель поручает нескольким аспирантам подготовить краткие (тезисные) сообщения. После докладов аспиранты задают вопросы, на которые отвечают докладчики и другие члены экспертной группы. На основе вопросов и ответов разворачивается творческая дискуссия вместе с преподавателем.

Контрольные тесты. Используется бланковое или компьютерное тестирование в режиме выбора правильных ответов, установления соответствия понятий, обозначения деталей на схемах и прочее.

Возможны также письменные контрольные работы в форме традиционных письменных ответов на ряд вопросов по пройденной теме, изложенной в лекциях и обсужденной на коллоквиумах. Несмотря на произвольность формы, в ответах обязательно использование терминов, ключевых слов и понятий, а при необходимости схем и формул. По некоторым темам предлагается решение задач.

Методические указания по работе с литературой

Надо составить первоначальный список источников. Основой может стать список литературы, рекомендованный в рабочей программе курса. Для удобства работы можно составить собственную картотеку отобранных источников (фамилия авторов, заглавие, характеристики издания) в виде рабочего файла в компьютере. Такая картотека имеет преимущество, т.к. она позволяет добавлять источники, заменять по необходимости одни на другие, Первоначальный список литературы можно дополнить, используя электронный каталог библиотеки ДВФУ, при этом не стесняйтесь обращаться за помощью к сотрудникам библиотеки.

Работая с литературой по той или другой теме, надо не только прочитать, но и усвоить метод ее изучения: сделать краткий конспект, алгоритм, схему прочитанного материала, что позволяет быстрее его понять, запомнить. Не рекомендуется дословно переписывать текст.

Методические рекомендации к самостоятельной работе аспиранта

Текущий контроль результатов самостоятельной работы осуществляется в ходе проведения лабораторных работ (устный опрос), коллоквиумов и тестирования. На основании этих результатов аспирант получает текущие и зачетные оценки, по которым выводится итоговая оценка. Промежуточная (семестровая) аттестация проводится в форме устного зачета.

Методические указания по подготовке к лабораторным работам и их выполнению

К лабораторным работам аспирант должен подготовиться: повторить лекционный материал, прочитать нужный раздел по теме в учебнике.

Занятие начинается с краткого устного опроса по заданной теме. Далее аспиранты работают с конкретными методами.

Для занятий необходимо иметь халат и сменную обувь. Необходимо освоить технику безопасности при работе со всеми используемыми на занятии методами, правильно оценить, сколько необходимо реактивов и расходных материалов для работы. Только после этого аспирант может начинать непосредственно работать с поставленной задачей. В конце занятия аспирант предоставляет преподавателю отчет по результатам проделанной работы с выводами.

Ответы на вопросы, выступления и активность аспирантов на занятии оцениваются текущей оценкой.

Методические указания по подготовке к коллоквиумам

Поскольку коллоквиум является коллективной формой рассмотрения и закрепления учебного материала, к нему должны готовиться все аспиранты. Коллоквиум обычно проводится в форме развернутой беседы, диспута, пресс-конференции. На каждый коллоквиум заранее объявляется тема и перечень вопросов для устных сообщений. По всем вопросам надо проработать соответствующий материал из учебника, конспекта лекций, дополнительной литературы и соответствующей лабораторной работы. Преподаватель объявляет вопрос и предлагает сделать сообщение на 5-7 минут одному из аспирантов – либо по их желанию, либо по своему выбору. После сообщения преподаватель и аспиранты задают вопросы и выступают с дополнениями и комментариями.

Ответы на вопросы, выступления и активность аспирантов на занятии оцениваются текущей оценкой.

Методические указания по подготовке доклада

По отдельным темам на коллоквиумах могут делаться более емкие и глубокие доклады – до 15-20 минут. Тема доклада может быть предложена преподавателем или выбрана аспирантом самостоятельно.

При подготовке к докладу проводится подбор литературных источников по теме из рекомендуемой основной и дополнительной литературы, а также работа с ресурсами информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», указанными в рабочей программе.

Работа с текстом научных книг и учебников состоит не только в прочтении материала, необходимо провести анализ, сравнить изложение материала в разных источниках, подобрать материал таким образом, чтобы он раскрывал тему доклада. Проанализированный материал конспектируют, при этом надо избегать простого переписывания текстов без каких-либо комментариев и анализа. Прямое заимствование текстов других авторов в науке не допускается, оно определяется как плагиат и является наказуемым. Цитирование небольших фрагментов (со ссылкой на автора) допускается, если надо подчеркнуть стиль или сущность авторского определения, но злоупотреблять чужими текстами нельзя. Доклад должен быть выстроен логично, материал излагается цельно, связно и последовательно, делаются выводы. Желательно, чтобы аспирант мог выразить своё мнение по обсуждаемой проблеме. Необходимо заранее продумать схемы для иллюстрации на доске или приготовить их в форме компьютерной презентации. В докладе обязательно необходимо использовать термины и ключевые слова по данной теме. После доклада проводится обсуждение с дополнениями и поправками. Оценивается как качество доклада, так и активность участников дискуссии.

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус D, ауд. D733а. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: компьютерный класс	Компьютер (твердотельный диск - объемом 128 ГБ; жесткий диск - объем 1000 ГБ; форм-фактор - Tower; комплектуется клавиатурой, мышью, монитором АОС i2757Fm; комплектом шнуров эл. питания) модель - M93p1 - 13 шт
2.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус D, ауд. D732. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Мультимедийное оборудование: Экран проекционный Projecta Elpro Large Electron, 300x173 см, размер рабочей области 290x163– 1 шт; Документ-камера AVervision CP 355 AF– 1 шт; Мультимедийный проектор, Mitsubishi FD630U, 4000 ANSI Lumen, 1920x1080– 1 шт; Сетевая видеокамера Multipix MP-HD718– 1 шт; ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA– 1 шт; ЖК-панель 42", Full HD, LG M4214 CCBA– 1 шт; ЖК-панель 42", Full HD, LG M4214 CCBA– 1 шт;

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**
по дисциплине «Математические модели и методы в приложениях,
планировании и прогнозировании»

1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика (физико-математические науки)

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

План-график

выполнения самостоятельной работы по дисциплине

Занятие 1. Основные подходы к стратегическому планированию (2 час.)

Занятие 2. Графовые модели целеполагания. Деревья целей (3 час.)

Занятие 3. Целеполагание с помощью технологии репертуарных решеток (3 час.)

Занятие 4. Графовые модели в логико-структурном подходе в стратегическом планировании (2 час.)

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	2-6 недели	Основные подходы к стратегическому планированию	10 часов	Отчет, презентация, защита. Структура отчета по задачам: - Содержательная постановка задачи. - Формальная постановка задачи. - Алгоритм решения задачи, демонстрируемый на примере. -Обоснование алгоритма (теоремы, теоретические оценки). Этот отчет предъявляется преподавателю и защищается в устной форме перед ним.
2	8-10 недели	Графовые модели целеполагания. Деревья целей	17 часов	Отчет, презентация, защита. Структура отчета по задачам: - Содержательная постановка задачи. - Формальная постановка задачи. - Алгоритм решения задачи,

				<p>демонстрируемый на примере. -Обоснование алгоритма (теоремы, теоретические оценки). Этот отчет предьявляется преподавателю и защищается в устной форме перед ним.</p>
3	11-13 недели	Целеполагание с помощью технологии репертуарных решеток	17 часов	<p>Отчет, презентация, защита. Структура отчета по задачам: - Содержательная постановка задачи. - Формальная постановка задачи. - Алгоритм решения задачи, демонстрируемый на примере. -Обоснование алгоритма (теоремы, теоретические оценки). Этот отчет предьявляется преподавателю и защищается в устной форме перед ним.</p>
4	11-17 недели	Графовые модели в логико-структурном подходе в стратегическом планировании	10 часов	<p>Отчет, презентация, защита. Структура отчета по задачам: - Содержательная постановка задачи. - Формальная постановка задачи. - Алгоритм решения задачи, демонстрируемый на примере. -Обоснование алгоритма (теоремы, теоретические оценки).</p>

				Этот отчет предъявляется преподавателю и защищается в устной форме перед ним.
Всего		54 часа		

Методические указания к дисциплине

«Математические модели и методы в приложениях, планировании и прогнозировании»

Раздел 1. Основные подходы к стратегическому планированию

Стратегия – это общее направление (вектор) развития объекта, которой придерживаются в конкретной ситуации; это перспектива, разделяемая членами сообщества в их намерениях и действиях.

Под территориальным стратегическим планированием будем понимать определение целей и основных направлений устойчивого социально-экономического развития в динамичной конкурентной среде.

Стратегическое планирование подразумевает управление, ориентированное на достижение желаемого состояния объекта в долгосрочной перспективе. При стратегическом управлении оперативные решения принимаются с учетом выбранной стратегии развития объекта. Основой планирования являются ориентация на перспективный облик объекта, эффективное использование ресурсных потенциалов, положительных тенденций и предпосылок, концентрации усилий на приоритетных направлениях деятельности.

Обозначим несколько элементов, используемых при формировании стратегического плана.

1) **Современный облик объекта** - описание (модель) объекта в текущий момент времени. Чтобы его выполнить, производится анализ преимуществ и недостатков как экономики в целом, так и отдельных кластеров и отраслей. Понимание сравнительных преимуществ и недостатков позволяет критически оценить будущее.

2) **Перспективный облик объекта** - описание (модель) объекта в будущем (в долгосрочной перспективе) как результата стратегического управления развитием объекта. Обычно формулируется перспективное видение объекта на ближайшие десять лет и более. Это видение включает, как правило, ряд бесспорных элементов - высокий жизненный стандарт, основанный на высокой производительности труда, рост занятости, диверсифицированная сильная экономика, хорошее качество жизни. Перспективный облик не может дать точной и детальной картины будущего вследствие нестабильности внешнего окружения и долгосрочности периода планирования.

3) **Внутренняя среда** объекта, анализируемая прежде всего как сосредоточение ресурсного потенциала.

4) **Внешняя среда**, характеризующаяся через потенциально благоприятные или угрожающие объекту тенденции и предпосылки развития.

5) **Стратегия** - система действий по достижению желаемого состояния объекта в долгосрочной перспективе. Стратегия учитывает имеющийся ресурсный потенциал и существующие предпосылки для его реализации.

Стратегический план объекта позволяет ему добиться устойчивого социально-экономического роста на основе комплексного использования организационных, психологических и других факторов, важнейшими из которых являются следующие:

Наличие стратегии социально-экономического развития позволяет сделать механизм управления объектом более открытым, дает возможность населению, всем общественным силам, представителям всех хозяйствующих, финансовых, научных структур принимать участие в выборе различных решений и их успешной реализации.

Стратегический план, раскрывая основные цели и ориентиры развития объекта на длительный период времени, вселяет уверенность жителей в благополучном исходе преобразований, в будущее своего объекта.

Стратегический план показывает, что усилия органов власти направлены не только на решении частных задач, но и устремлены в будущее с целью обеспечения объекту устойчивого развития.

Стратегический план дает основания верить, что обеспечение объекта общественными благами с учетом имеющихся ресурсов будет осуществляться самым справедливым, эффективным и демократическим способом.

Стратегический план, содержащий идеи, принципы социально-экономического развития, дает ориентиры предпринимателям, потенциальным внутренним и внешним инвесторам, помогает им принимать оперативные решения с учетом видения перспективы.

Стратегический план является действенным инструментом приобретения и поддержания конкурентных преимуществ объекта при соперничестве с другими объектами за инвестиции, высококвалифицированную рабочую силу и передовые позиции в международном сотрудничестве.

Стратегический план позволяет упорядочить и распределить всегда в той или иной мере ограниченные ресурсы объекта предельно эффективным образом.

Стратегический план привлекает к активному творчеству население объекта, которое в процессе его разработки или реализации вовлекается в партнерство с властью, общественными организациями, предпринимательскими структурами.

Стратегический план помогает обеспечить концентрацию основных усилий экономических агентов на ключевых направлениях развития, являющихся наиболее перспективными для объекта.

Стратегический план является обязательным условием, выдвигаемым при реализации крупных инвестиционных проектов с иностранным участием.

Стратегический план определяет систему действий по достижению желаемого состояния объекта, и он включает в себя, как правило, несколько разделов:

1. Преамбула (формулирование побудительных причин к разработке стратегического плана, определение целей: для кого и для чего разрабатывается стратегический план).

2. Стратегический анализ (анализ внутренней и внешней среды, конкурентный анализ, сравнение с объектами-аналогами и т. д.).

3. Сценарии развития (описание сценариев и их ранжирование).

4. Видение будущего, миссия и цели развития.

5. Стратегические направления или стратегии действий (объединяющие мероприятия, направленные на достижение поставленных целей).

6. Механизм управления реализацией стратегического плана и его проектов (система мониторинга и корректировки плана).

7. План действий по реализации стратегии (план мероприятий на ближайшую перспективу 1-2 года).

Таким образом, в стратегическом плане имеются три крупных блока.

Первый блок - аналитический, ежегодно или раз в два года обновляемый раздел, фиксирующий основные параметры и характеристики развития объекта, значимые для выбора стратегических направлений и мониторинга процессов реализации стратегии. Формулирует основные проблемы развития (разделы 2-3).

Второй блок - стратегия, т. е. описание: а) стратегических целей и приоритетов развития, б) направлений деятельности по реализации поставленных стратегических целей и в) ресурсов управления, имеющихся у объекта для реализации стратегии (разделы 4-5).

Третий блок - механизм реализации стратегии. Здесь описываются средне- и долгосрочные управленческие программы, признанные приоритетными для достижения стратегических целей. Конкретные мероприятия, связанные с реализацией различных стратегических программ, осуществляемые подразделениями экономических агентов и (или) с использованием соответствующих ресурсов, сводятся в двухгодичный план мероприятий по реализации стратегии. Таким образом, этот блок обеспечивает увязку стратегических целей и текущей деятельности экономических агентов по реализации социально-экономической политики (разделы 6-7).

При этом должен сформироваться постоянно воспроизводимый механизм стратегического планирования, основанный на партнерстве властей, бизнеса и домашних хозяйств (рис. 1).

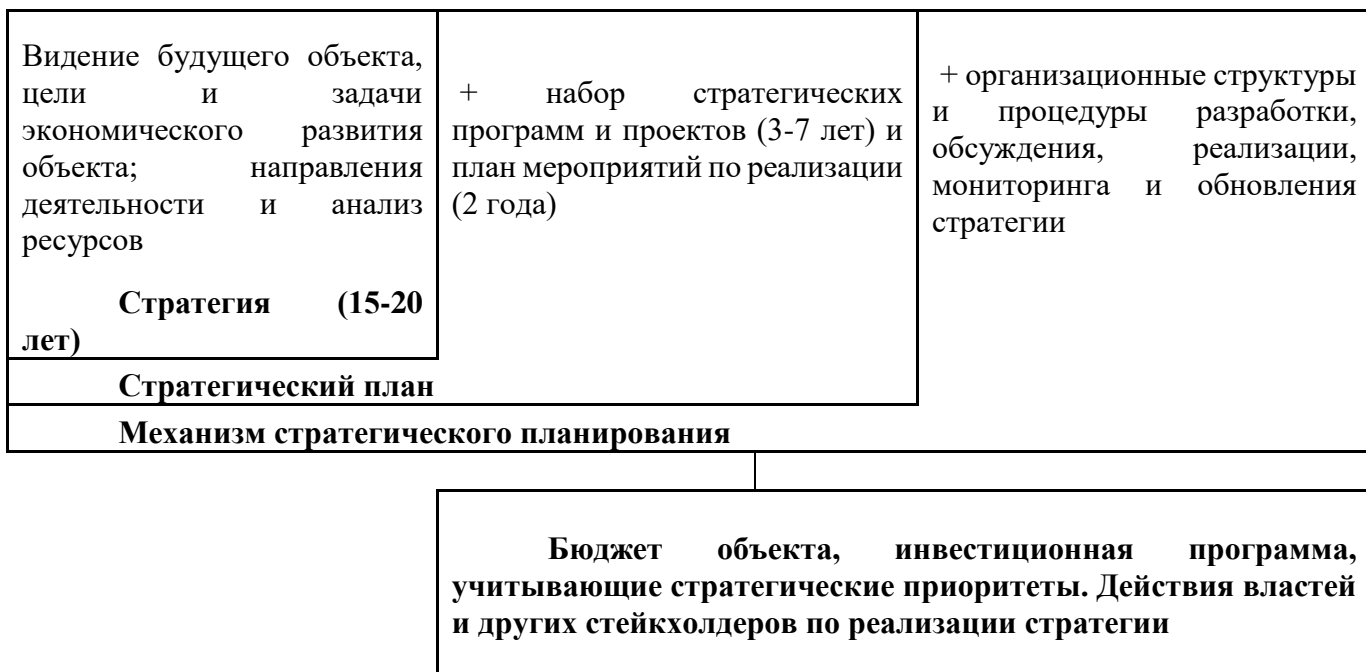


Рис 1. Механизм стратегического планирования объекта

Стратегическое планирование как особый процесс требует профессионального управления, основанного на идеологии проектного подхода.

В обобщенном виде процесс стратегического планирования организуется в три стадии и имеет 9 этапов (рис. 2).



Рис 2. Стадии и этапы стратегического планирования

Методика. Методика стратегического планирования позволяет разработать стратегический план социально-экономического развития объекта, вести мониторинг стратегического плана и при необходимости позволяет вносить в планы отдельные уточнения и корректировать с учетом новых условий. Основными составляющими стратегического планирования являются: дерево проблем, дерево целей и дерево решений.

Раздел 2. Графовые модели целеполагания. Деревья целей

Целеполагание. Деревья целей. Определение и упорядочение целей является важнейшим элементом стратегического планирования. Однако усиление в планово-управленческой деятельности ориентации на конечные результаты, расширения использования специальных методов управления (управления по целям), возрастание требований к повышению качества выполнения отдельных управленческих функций требуют использования при построении системы целей специальных методов и подходов.

Обычно построение дерева целей осуществляется исходя из генеральной цели или миссии. Генеральная цель разветвляется в цели, выражающие конечные состояния системы, которые она стремится достигнуть к определенному моменту времени на стратегическом, тактическом и оперативном интервалах времени.

Исходя из опыта определения целей при разработке различных видов планов и программ, накопленного как у нас в стране, так и за рубежом, можно выделить следующие методы целеполагания: логическая структуризация целей, при осуществлении которой на каждом уровне структуризации используются заранее выбранные принципы структуризации (метод структуризации); метод парных сравнений, основанный на применении отношения «целое-частное»; структуризация на основе контент-анализа формулировок целей; совместное применение первого и второго методов.

Метод структуризации предназначен для построения «дерева классификации». Одной из задач применения метода структуризации является установление полного набора элементов (цели, подцели, мероприятия и т.п.) на каждом уровне структуризации и установление взаимосвязей между ними, другая – последующее определение коэффициентов относительной важности (приоритетов) отдельных элементов «дерева целей».

Построение дерева целей на основе контент анализа дает возможность сформировать первоначальный вариант каталога целей, который после его дополнения может служить базой для построения дерева целей на основе других методов целеполагания. Данный метод характеризуется большим объемом работ по составлению каталогов элементов дерева целей. Кроме того, возникают сложности изменения направления и содержания структуризации, а процессы управления являются динамичными. Поэтому при изучении целей и задач управленческой деятельности данный метод используется редко.

Смысл четвертого метода целеполагания заключается в следующем. Специалисты – системные аналитики определяют в целом структуру дерева целей, принципы структуризации для отдельных уровней, структурируют наиболее сложные в логическом и содержательном смыслах фрагменты дерева целей (используя метод структуризации целей), а метод логико-смыслового моделирования применяется только для отдельных «ветвей» дерева целей, обладающих достаточной четкостью и определенностью.

Таким образом, в настоящее время выделяют множество подходов к формированию дерева целей, которые в свою очередь можно объединить в четыре традиционных метода. В основном все эти методы применяются при построении деревьев, так как очень редко можно построить оптимальное дерево, пользуясь только одним из вышеперечисленных методов. Однако традиционным считается метод структуризации, поэтому рассмотрим его более подробно.

Построение дерева целей методом структуризации. Рассмотрим основные идеи традиционного метода построения дерева целей - метода структуризации. Этот метод основан на декомпозиции (поэтапной редукции) исследуемой проблемы на элементы (подцели и задачи) с последующей возможной численной оценкой их относительной важности. Такую процедуру часто называют построением дерева целей.

Однако поскольку в большинстве древовидных структур, предназначенных для решения тех или иных реальных задач, могут содержаться не только цели, но и средства их достижения (мероприятия, системы, пути реализации мероприятий, проекты, программы, позиции различных планов и хозяйственных мероприятий, ресурсы и др.), то правильнее их называть деревьями взаимосвязей. В английском языке используется термин «*relevancy tree*», который можно перевести как «дерево взаимосвязей».

Таким образом, «дерево взаимосвязей» может представлять полный связный граф (содержать цели, мероприятия, ресурсы) или являться частным несвязным графом (содержать или

цели, или мероприятия, или ресурсы). Далее цели, подцели, отдельные мероприятия, системы, плановые работы и другие части дерева взаимосвязей будут называться элементами «дерева взаимосвязей».

Элементы более низких уровней как средства выполнения задач более высоких уровней «дерева взаимосвязей» являются в тоже время целями для элементов более низкого уровня. Отсюда вытекает, что сами понятия «цели» и «средства их достижения» носят относительный характер.

Осмысленное поэтапное разделение задачи проводится до тех пор, пока не будет достигнут требуемый уровень детализации, вытекающий из целей исследования, и пока не будут выяснены факторы, оказывающие влияние на решение каждой проблемы самого низкого уровня. Количество данных при этом должно сократиться до объема, позволяющего специалисту, ответственному за решение задачи, правильно оценить их.

Следовательно, анализ целей и путей их реализации осуществляется поэтапно, на основании промежуточных решений, вынесенных по каждому этапу. Оценка важности отдельных элементов данного уровня дерева взаимосвязей происходит не изолированно, а с учетом важности элементов более высоких уровней дерева взаимосвязей.

Работы по реализации метода структуризации проводятся с привлечением экспертов путем заполнения анкет и устного опроса. Эксперты вырабатывают условные коэффициенты – коэффициенты относительной важности, оценивающие относительную значимость каждого элемента дерева взаимосвязей.

Коэффициенты относительной важности могут определяться как на основе количественных методов анализа (технико-экономического анализа, определении стоимости и трудоемкости, обработки планово-статистических данных и др.), так и эвристически (т.е. на основе творческого обобщения накопленных знаний, опыта). Вследствие недостаточной количественной определенности отдельных элементов дерева взаимосвязей, особенно на верхних его уровнях, наиболее часто используются эвристические оценки.

Понятие относительной важности имеет два смысла: во-первых, как относительная важность различных элементов одного уровня дерева взаимосвязей; во-вторых, как относительная важность каждого элемента в определенный момент времени в зависимости от уровня разработанности, возможности использования этого элемента, факторов внешней и внутренней сред.

Таким образом, одна из главных задач применения метода структуризации состоит в том, чтобы установить полный набор элементов на каждом уровне и определить взаимосвязи и соподчиненность между ними. Другая задача – последующее определение коэффициентов относительной важности элементов каждого уровня дерева взаимосвязей.

В результате использования метода структуризации выполняется два последовательных этапа: построение дерева взаимосвязей и определение коэффициентов относительной важности его элементов.

Построение дерева взаимосвязей осуществляется в большинстве случаев на эвристической основе. Можно сформулировать следующие правила реализации данного процесса: соподчиненность, т.е. элементы нижнего уровня подчиняются элементам более высокого уровня, вытекают из них, обеспечивают их реализацию; сопоставимость, т.е. на каждом уровне дерева взаимосвязей рассматриваются элементы, сопоставимые по своему масштабу и значимости и полученные в результате детализации по одному принципу; полнота, т.е. дерево взаимосвязей на каждом уровне включает без пропусков все элементы; определенность, т.е. формулировка целей и других элементов дерева позволяет оценить степень их достижения в количественной или порядковой форме; возможность внесения корректировок как при изменении самих целей, так и при изменении возможностей их реализации.

В зависимости от того, детализируется ли каждый рассматриваемый элемент один или несколько элементов более высокого уровня, можно выделить три типа деревьев взаимосвязей: с прямыми связями, перекрестными и со связями смешанного типа.

При прямых связях количество элементов по мере перехода на более низкие уровни дерева всегда увеличивается, т.е. происходит ветвление. При перекрестных же связях может иметь место уменьшение числа элементов, т.е. сужение дерева. Такое положение является типичным при переходе от целевых уровней к уровням мероприятий и от уровня мероприятий к ресурсному.

Таким образом, при построении связанного графа (цели – мероприятия – ресурсы) мероприятия следует структуризовать для каждой конкретной цели, представленной на

последнем уровне дерева целей, а ресурсы – для каждого конкретного мероприятия, представленного на последнем уровне дерева мероприятий.

Для выявления полного набора элементов каждого уровня вначале лучше строить дерево с прямыми связями, а затем, если это необходимо, перейти к обобщенной структуре с перекрестными связями. Последний вариант дерева взаимосвязей графически является более компактным.

При построении дерева взаимосвязей последовательно определяются: исходя из целей исследования его тип; принципы детализации элементов на каждом уровне; глубина детализации; полный набор элементов всех уровней, начиная с верхнего; взаимосвязи между элементами.

Выбор типа дерева взаимосвязей предполагает определение, будет ли оно представлять полный связный граф (цели – средства достижения целей – ресурсы), частично связный граф (например, цели – средства достижения целей) или несвязный граф (например, только дерево целей).

Построение дерева взаимосвязей может заканчиваться определением ресурсных уровней. Эти уровни детализируют элементы с точки зрения ресурсов, требуемых для их реализации. Построение ресурсных уровней дает возможность сопоставить требуемые ресурсы с имеющимися, уточнить дерево взаимосвязей, сделать его реально осуществимым. С учетом сопоставления ресурсов проводится окончательный отбор элементов уровней, предшествующих ресурсным. Обязательное условие выбора элементов каждого уровня – их полное обеспечение всеми необходимыми ресурсами.

Существуют различные принципы детализации элементов дерева, в частности:

1. **Объектовый принцип.** В данном случае элементы дерева разбиваются на элементы той же природы, только более дробные. Этот принцип структуризации применяется для того, чтобы раскрыть содержание детализируемого элемента с точки зрения входящих в его состав элементов. При применении данного принципа в формулировках детализирующих элементов меняется только объект, на который направлена данная функция или действие.

2. **Функциональный принцип.** В дереве взаимосвязей определяется содержание тех функций, которые должны выполняться для достижения поставленных целей. Поэтому при использовании функционального принципа выявляются отдельные функции, совокупность которых определяет содержание структуризованной цели и путей ее достижения. Таким образом, данный принцип применяется для того, чтобы раскрыть содержание детализируемого элемента с точки зрения определения направлений действий по достижению целей данного элемента.

3. **Принцип детализации по этапам производственного цикла или жизненного цикла технических объектов.**

4. **Принцип детализации по этапам принятия решений.**

5. **Принцип охвата всех факторов, влияющих на решение рассматриваемой проблемы, и трансформации их в цели или мероприятия.**

6. **Принцип адресности.** В этом случае та или иная цель, мероприятие или другой элемент конкретизируется по месту исполнения. При использовании данного принципа дерево взаимосвязей строится не только для объекта изучения в целом, например, города, но также и для его отдельных структурных звеньев.

7. **Принцип детализации по составным элементам процесса производства:** а) средства и предметы труда, например, внедрение новой технологии, повышение долговечности оборудования и т.д.; б) отношение между людьми.

8. **Системный принцип.**

Безусловно, в одном дереве взаимосвязей использовать все эти принципы структуризации не нужно, все зависит от содержания конкретных задач, решать которые предполагается с помощью метода структуризации, от уровня исследуемой проблемы.

Глубина детализации элементов дерева взаимосвязей (число его уровней дерева) в основном определяется целями исследования. Чем сложнее, менее определенным является генеральная цель, тем больше уровней содержит дерево взаимосвязей.

В дереве взаимосвязей может быть так называемое явление «зависание ветвей». Его суть заключается в том, что не все ветви при структуризации заканчиваются на одном уровне. Особенно это часто происходит в том случае, когда производится параллельная структуризация разнохарактерных элементов (научно-технических, производственных, социальных, экономических). Такое отсутствие симметрии в структуре дерева взаимосвязей затруднит

последующее определение коэффициентов относительной важности. В некоторых случаях можно рекомендовать введение дополнительных уровней для устранения явления зависания.

При построении деревьев взаимосвязей может использоваться логика трех видов:

1. Логика И (конъюнкция). Каждый элемент на более низком уровне представлен суммой детализирующих его подэлементов. Какая-либо альтернативность выбора элементов отсутствует, поскольку исключение хотя бы одного из них приводит к невыполнению целей элемента более высокого уровня, но возможен разный объем реализации элементов, пропорциональный их коэффициентам относительной важности (принцип состязательности).

2. Логика ИЛИ (дизъюнкция). Существует альтернативность в выборе элементов. К реализации принимается только один наиболее эффективный, предпочтительный из числа элементов, детализирующих элемент более высокого уровня.

3. Логика И/ИЛИ. Такая логика характеризуется представлением на одном уровне элементов, которые удовлетворяют требованиям частичной альтернативности и состязательности. Иными словами, после определения коэффициентов относительной важности часть элементов, получивших низкие оценки, не принимаются к практической реализации, а оставшиеся пропорционально их коэффициентам реализуются в разном объеме. Данная логика находит применение, например, при использовании метода структуризации для задач планирования, когда на нижнем уровне дерева производится отбор работ, предлагаемых для включения в план, и распределение ресурсов между ними.

Когда строятся целевые уровни дерева взаимосвязей, используется логика И и реализуется принцип состязательности. В полном смысле альтернативность свойственна скорее мероприятиям и ресурсам. Очень часто существуют альтернативные мероприятия и ресурсы для достижения поставленных целей.

При построении дерева мероприятий на основе чисто логического анализа часто не удается определить, являются или нет элемента альтернативными. В экономических задачах альтернативность мероприятий вытекает, как правило, из факта ограниченности ресурсов, и поэтому проблема определения элементов, которые не могут быть реализованы, решается при их последующей количественной оценке, а не в процессе построения дерева мероприятий.

Таким образом, для окончательного определения структуры дерева взаимосвязей и коэффициентов относительной важности необходимо совмещать движение по уровням дерева сверху вниз и снизу вверх. При этом основное отличие дерева мероприятий от дерева целей заключается в том, что в результате построения дерева целей получается система требуемых (нормативных) значений отдельных показателей и параметров, определяющих уровень достижения поставленных целей, а в результате построения дерева мероприятий – развернутый перечень работ, которые необходимо выполнить, чтобы поставленные цели были достигнуты.

Область применения метода структуризации вне зависимости от уровня управления можно разделить на две группы задач: определение направлений развития (цели, мероприятия, ресурсы) отдельных социально-экономических систем; решение отдельных конкретных проблем и задач (планирование межотраслевой научно-технической разработки, совершенствование сбыта и т.д.) в рамках улучшения работы социально-экономической системы.

Можно выделить следующие направления применения метода структуризации при принятии планово-управленческих решений, используемого параллельно с другими методами обоснования различных плановых и управленческих решений.

Во-первых, для ранжирования и определения приоритетности порядка и сроков разработки, внедрения, использования отдельных проектов, программ, мероприятий, задач и т.д. Применение метода структуризации для решения подобных задач дает возможность:

- определить наиболее важные направления исследований, разработок и других мероприятий по проектам и программам;
- выявить технические, технологические, экономические, организационные и другие трудности, возникающие в процессе достижения целей, оценить возможности преодоления этих трудностей; определить новый набор способов и методов достижения поставленных целей; установить относительную важность мероприятий по достижению целей.

Во-вторых, для набора наилучших плановых работ с точки зрения обеспечения выполнения целей, стоящих перед каким-либо экономическим объектом того или иного уровня управления.

Метод структуризации улучшает качество планово-управленческих решений, принимаемых по разнообразным вопросам, поскольку его применение способствует концентрации целей деятельности социально-экономической системы.

В-третьих, применение метода структуризации в ряде случаев способствует выработке правильного подхода к определению затрат, необходимых для достижения какой-либо конкретной цели (программы, проекта и др.), причем речь идет не только о прямых, но и сопряженных затратах. Этому способствует детализация функций планирования и управления, а также отдельных систем на их элементы.

Применение метода структуризации помогает при составлении программ и планов сконцентрировать ресурсы на выполнении мероприятий, самых эффективных для достижения поставленных целей.

В-четвертых, для построения организационных структур управления различными экономическими объектами. Этот процесс начинается с определения и конкретизации целей данного объекта.

В-пятых, в программно-целевом планировании для выявления проблем, решать которые целесообразно путем разработки комплексных программ и определения их содержания (целей, стратегий, мероприятий по их достижению, требуемых ресурсов).

В-шестых, этот метод применяется также для получения новой информации в результате рассмотрения комбинаций идей, систем, проектов и др.

Метод структуризации позволяет даже при проведении только качественного анализа раскрыть новые возможности решения исследуемой проблемы на каждом уровне дерева взаимосвязей, выяснить взаимосвязи задач на разных уровнях.

Использование корректировки элементов и коэффициентов их относительной важности, обусловленных возникшими изменениями, позволяет существенно расширить возможности применения этого метода; увеличить сложность рассматриваемых систем и расширить горизонт прогнозирования и планирования.

Основные недостатки метода структуризации заключаются в отсутствии: единых принципов построения деревьев взаимосвязей; обратной связи, т.е. логических элементов, позволяющих обнаружить пропуски или ошибки в структуре дерева взаимосвязей. Этот недостаток частично может быть преодолен путем систематического введения новых данных и пересмотра старых; уверенности в объективности и надежности значений коэффициентов относительной важности, назначаемых экспертами; однозначного перехода от дерева целей к рекомендациям по решению проблемы.

Известное недоверие к методу структуризации объясняется также тем, что деревья взаимосвязей, как правило, системные аналитики строят самостоятельно, без привлечения руководителей исследуемого объекта. Необходимо привлекать к работе по практическому применению метода структуризации лиц, принимающих решение.

Часть этих недостатков вызвана недостаточной разработанностью метода структуризации, другие недостатки являются общими для всех методов, в основе которых лежат экспертные оценки.

В итоге, мы рассмотрели традиционный метод построения дерева целей, который заключается в том, что необходимо установить полный набор элементов на каждом уровне и определить взаимосвязи и соподчиненность между ними и определить коэффициенты относительной важности элементов каждого уровня. Также было рассмотрены основные принципы построения, в результате чего образуются различные типы деревьев. А также привели основные принципы детализации, так как в методе структуризации применяется эвристический подход. В данной главе была исследована область применения традиционного метода и выявлены основные недостатки, в результате чего была поставлена задача: разработать новую методику построения дерева целей, которая будет дополнять традиционные методы.

Раздел 3. Целеполагание с помощью технологии репертуарных решеток

Построение дерева целей техникой репертуарных решеток Дж. Келли. Одна из отличительных черт современной эпохи – повышение роли человеческого фактора, возрастания значения всех проблем, связанных с человеком. Это обусловлено и тем, что мир, в котором мы живем, становится с каждым годом все сложнее, увеличивается поток информации, и тем, что

человек становится сложнее. Этот процесс объективен – чем более сложные и ответственные задачи приходится решать человеку, чем в более сложную систему общественных, межличностных отношений он включен, чем больше факторов приходится ему учитывать в своей деятельности – тем более многомерным и многоуровневым должны быть и становятся его мышление и восприятие, его мировоззрение.

Научное направление, связанное с разработкой экспертных систем, развивается очень успешно. Сегодня существует много разнообразных программных средств, помогающих людям обрабатывать именно знания, а не просто информацию.

Подход, называемый репертуарным матричным тестированием, или, по современной терминологии, техникой репертуарных решеток, будучи рассмотрен как совокупность методических приемов, представляет собой операциональную реализацию индивидуально ориентированного подхода к субъективному шкалированию. Данная техника не ставит целью сравнение оценок и реакций человека с нормированными групповыми данными, но стремится реконструировать индивидуально определенную систему смысловых разбиений, противопоставлений и обобщений, лежащую в основе субъективных оценок, отношений и предсказаний.

Технология составления репертуарной решетки. Техника репертуарных решеток - не последовательность тестов, а экспериментальный метод, включающий особые приемы планирования и проведения эксперимента, обработки и интерпретации результатов.

Цель применения решеток – показать направление развития системы конструкторов, ее ограничения и возможности. Получаемые при помощи репертуарных решеток результаты можно рассмотреть как своеобразную карту системы конструкторов индивида (эксперта).

Рассмотрим основные понятия техники репертуарных решеток.

Конструктор - это особое субъективное средство, сконструированное самим человеком (экспертом), основанное на собственном опыте, с помощью которого он выделяет, оценивает и прогнозирует события, реконструирует систему взаимоотношений между ними.

Теория конструкторов предлагает следующую их классификацию: предопределяющие (если это ложь, то это ложь и ничего больше), констеллятивные (если это ложь, тогда это нечестно, наказуемо, явный признак морального разложения и т. п.) и пропозициональные (можно предположить, что это, помимо всего прочего, ложь). Конструктор всегда биполярен, имеет два полюса (типа "север - юг"). Конструктор задает как минимум шкалу порядка, а фактически и шкалы более высоких уровней (смысловой градиент).

Конструкторы организованы в систему, имеющую сложную иерархическую организацию и множество подсистем. В силу общности и социальности опыта человека многие конструкторы у разных людей схожи. Однако поскольку конструктор не усваивается извне, а строится самим человеком, он индивидуально определен, и есть конструкторы, которые существуют в одном экземпляре, лишь у данного конкретного человека (эксперта).

В поисках экспериментального метода, адекватного собственной концепции, Дж. Келли разработал репертуарный тест личностных конструкторов - первый из методов в ряду репертуарных решеток. В основу этого теста лег фундаментальный постулат его теории: "Личностные процессы психологически канализируются теми же способами, которыми человек прогнозирует и оценивает события". Это позволило исследовать конструкторы посредством их проявления на семантическом уровне, распространяя полученные результаты на все личностные процессы.

В общем виде репертуарная решетка представляет собой матрицу, определенным образом организованную, которая заполняется либо самим испытуемым, либо экспериментатором (в данной работе предполагается заполнение экспертом) в процессе структурированного интервью. Строки матрицы традиционно называются конструкторами, столбцы - элементами.

Первая проблема, которую должен решить исследователь, планируя эксперимент, - что использовать в качестве конструкторов. В технике репертуарных решеток применяются различные процедуры выявления первичных конструкторов у самого испытуемого. Для выявлений конструкторов можно использовать любую проективную технику и любой материал, например свободные сочинения, беседу с испытуемым. Однако более структурированные специально разработанные способы вызывания конструкторов являются более эффективными, так как облегчают задачу испытуемому и задают конкретный, необходимый именно для данного исследования контекст. Наиболее известные из них: метод триад (испытуемому предлагается из трех элементов выбрать и

назвать два наиболее сходных между собой и определить, чем они отличаются от третьего); метод полного контекста (испытуемый работает сразу со всем набором элементов, группируя и противопоставляя их различными способами) и их варианты, такие, как методы самоидентификации и самоперсонификации.

Обзор исследований по прямому сравнению вызываемых и задаваемых конструкторов показал, что оценки и самооценки по вызываемым конструкторам являются более экстремальными и дифференцированными, чем по заданным. Вызванные конструкторы оказываются более предпочитаемыми, более релевантными для самоописания, по вызываемым конструкторам испытуемые лучше дифференцируют себя от других. Все эти данные, за небольшим исключением, говорят в пользу применения вызванных, а не заданных конструкторов. Однако заданные конструкторы в некотором отношении удобнее, так как дают возможность построить куб данных, и не менее часто используются, что, естественно, вызывает неудовольствие у последовательных сторонников техники репертуарных решеток. Очевидно, эта проблема еще далека от своего решения. По-видимому, при работе с рассматриваемой техникой необходимо руководствоваться конкретными целями и задачами. В некоторых случаях можно применять и заданные конструкторы.

Так же в теории репертуарных решеток остро стоит вопрос выбора элементов. От выбора элементов зависит уровень значимости конструкторов, и степень их релевантности для данного конкретного человека (эксперта). Отношения между конструкторами и элементами достаточно сложны. С одной стороны, конструктор не тождествен элементам. Конструктор - это "особая референтная ось", элементы же, которые в одном контексте оказываются на одном полюсе, в другом могут оказаться на противоположном. С другой стороны, любой конструктор имеет свой диапазон применимости, или диапазон удобства.

Элементы должны быть релевантны одной какой-нибудь подсистеме конструкторов. Например, если исследователя интересует, как испытуемый воспринимает различные профессии, то в этом случае необходимо использовать репертуар профессий. Если же исследователя интересуют несколько областей сразу, то, по-видимому, необходимо строить решетку для каждой области отдельно, а потом исследовать отношения между подсистемами конструкторов.

Важную роль играет и общая эффективная оценка испытуемым объектов: как показано, испытуемые лучше различают отрицательные персонажи, чем положительные ("гипотеза бдительности"), поэтому список элементов должен быть сбалансирован также и по коннотативным параметрам.

От цели исследования также зависит и то, будет ли интервьюер предлагать элементы сам или их будет выявлять опрашиваемый. В практике существует три способа получения элементов - интервьюер (эксперт) может предложить их сам интервьюер может попросить составить список элементов самого испытуемого после того, как обсудили класс желаемых элементов, и, наконец, интервьюер может подготовить список вопросов, ответы на которые приводят к желаемым элементам. В данной работе используется первый способ получения элементов, т.е. подготовлен определенный список элементов.

После того, как определены элементы решетки, необходимо перейти к разработке конструкторов. Фундаментальный процесс, лежащий в основе работы репертуарной решетки - процесс, известный как выявление конструкторов. Существует различные способы выявления конструкторов. Рассмотрим наиболее известные из них:

(I) *Метод минимального контекста (карточная форма)*. Испытуемому вначале предлагается подставить имена конкретных людей (объектов) в ролевой список, например в список Дж. Келли. Затем ему предъявляются три элемента из этого списка и предлагается назвать какое-нибудь важное качество, по которому два из них сходны между собой и, следовательно, отличны от третьего. После того как экспериментатор запишет ответ, испытуемого просят назвать, в чем конкретно состоит отличие третьего человека (объекта) от двух других (если испытуемый не указал, какие именно два человека (объекта) были оценены как сходные между собой, то его просят сделать это). Ответ на этот вопрос и представляет собой противоположный полюс конструктора. Испытуемому предъявляется столько триад элементов, сколько сочтет нужным экспериментатор. Специфических правил не существует. Все зависит лишь от величины выборки, то есть числа конструкторов, подлежащих исследованию.

(II) *Метод полного контекста*. При этом методе все элементы, выписанные на карточках, раскладываются на столе перед испытуемым. Его просят подумать о важных качествах,

характерных для разных групп людей (объектов), и выбрать двух человек (объекта), наиболее сходных между собой по какому-либо значимому качеству. Когда две первые карточки выбраны, испытуемого спрашивают, в чем они сходны между собой. Затем, по мере добавления последующих карточек, испытуемого время от времени просят сказать, представляет ли данная карточка все еще ту же категорию, что и две первые карточки. Если карточка исключается из группы, испытуемого просят уточнить, изменилась ли категория группировки или осталась прежней.

(III) *Последовательный метод.* Элементы предъявляются так же, как и в форме минимального контекста (то есть триадами, а не группами). Однако в этом случае триады выбираются в соответствии с определенной системой: каждый раз в триаде один из элементов заменяется новым. Например, после предъявления элементов 1, 2 и 3 элемент 1 заменяется элементом 4 и т. д.

В зависимости от способа выявления конструкторов и исследовательской задачи можно получить различные типы решеток.

Ранговая решетка получается после ранжирования испытуемым элементов по каждому из его конструкторов от одного полюса до другого. В матрице, получаемой в результате такой процедуры, на пересечении строк и столбцов стоят ранги, которые соответствуют каждому элементу по каждому конструктору. Для анализа решеток такого типа существует целый ряд программ машинной обработки, в частности методы непараметрического факторного анализа. Однако ранговые решетки можно обрабатывать и ручным способом.

Импликативная решетка призвана выявлять логические связи между конструкторами (импликации "если... то...") и получить данные об иерархии (отношениях подчиненности) в системе конструкторов испытуемого в процессе беседы с ним. После выявления конструкторов испытуемому задается вопрос: "если объект изменил свои характеристики по конструктору А на противоположные ("переместился" с одного полюса конструктора на другой), изменит ли он свои характеристики по другим конструкторам, и по каким именно?" Связь фиксируется в матрице данных в виде символов, обозначающих импликацию.

В общем виде результаты, получаемые при анализе репертуарной решетки, можно разделить на две группы:

а) формально-структурные характеристики системы индивидуальных конструкторов (например, степень дифференцированности и интегрированности системы, выраженность первой главной компоненты, числа изолированных конструкторов и т. д.);

б) содержательно-смысловые характеристики.

Возможности, которые предоставляет метод репертуарных решеток, можно обоснованно доказать и легко продемонстрировать на практике. Огромное преимущество решеток заключается в том, что к данным, полученным от одного конкретного испытуемого, можно применить весь арсенал статистических методов, традиционно используемых для анализа групповых данных. Таковы, например, методы кластерного анализа, Т критерии различий, меры оценки консистентности и значимости корреляций, коэффициент согласия и ряд других статистических мер. Они могут выявить скрытую структуру и содержание конструкторов, которые обусловили тот или иной ответ при заполнении решетки. Использование групповых статистических методов при обработке результатов отдельного испытуемого позволяет выявлять значимые связи и устанавливать, что конкретная решетка заполняется не случайным образом. Однако возможность выявления структуры значимых взаимосвязей между ответами (в статистическом смысле слова «значимый») не уменьшает трудностей, которые могут возникнуть при интерпретации их значимости.

Методы анализа репертуарных решеток. Существует разнообразное количество методов анализа репертуарных решеток.

Подсчет частот. В анализе путем подсчета частот просто подсчитывается, как часто упоминаются те или иные конкретные элементы и конструкторы. Хотя этот метод может применяться и к индивидуальным решеткам, он чаще используется для анализа результатов интервьюирования некоторой выборки испытуемых с целью отыскания некоторых общих тенденций.

Контент-анализ. При выполнении контент-анализа выбираются наборы категорий, к которым можно относить элементы или конструкторы, а затем производится распределение элементов и конструкторов по этим категориям. Можно определять категории для элементов, конструкторов, а можно для тех и других одновременно.

Подсчет частоты и контент-анализ – это простые методы, в которых не привлекаются сложные статистики. Самое сложное, что можно здесь найти – это критерий хи-квадрат для сравнения относительных частот распределения категорий между двумя или более группами людей. И в том, и в другом методах подсчитывается, сколько раз различные семантические группировки встречаются в элементах или конструктах. Эти методы чаще используются для исследования групп людей (объектов), а не для изучения индивидов.

Визуальная фокусировка. Это матрица где имена конструкторов и элементов опущены, и применяется не пятибалльная шкала, а дихотомическая (система "галочка – крест"). Чтобы анализировать эту решетку с помощью метода визуальной фокусировки, необходимо взять узкую полосу бумаги, скопировать на нее, соблюдая расположение, набор крестов и галочек, относящихся к 1 элементу. Затем сравните эту полосу с каждым другим элементом, записывая число совпадений. Следующий шаг – составление матрицы, в которой отражены подсчеты числа совпадений между каждой из возможных пар элементов. В результате, там, где есть высокая степень совпадения оценок между двумя элементами, можно предполагать, что эти элементы рассматриваются как похожие.

Следующие методы широко представлены в различных программах, как созданных специально для анализа репертуарных решеток, так и более общих статистических пакетах.

Метрический факторный анализ. Главное преимущество методов этого типа заключается в их доступности: в Великобритании и США они включены в коммерческие статистические пакеты программ. Программа SPSS (Статистический пакет программ для социальных наук) включает в себя пять различных методов факторного анализа: анализ методом главных компонент (МГК); анализ методом главных факторов (МГФ); Рэо-анализ; Альфа-анализ.

Неметрические методы. В эту группу входят методы многомерного шкалирования. В то время как метрические методы предполагают наличие линейной зависимости между факторами и переменными, техники многомерного шкалирования предполагают только сохранение монотонности конечного решения и анализируемой матрицы. Так, например, в ранговой и оценочной решетках порядковые отношения между конструктами в их связи с конкретным элементом (то есть по какому конструкту элемент оценивается наиболее высоко, по какому – вторым и т. п.) сохраняются в конечном решении, однако на основе этого решения ничего нельзя сказать о том, *насколько* выше элемент был оценен по данному конструкту, чем по-другому. В тех областях, где измерение преимущественно проводится по шкалам порядка или даже шкалам наименования, меньший акцент на линейные связи становится преимуществом многомерного анализа неметрического типа. Но у этого метода есть и недостатки. Наиболее существенный практический недостаток заключается в том, что существует слишком мало коммерческих пакетов программ, доступных пользователям.

Задача многомерного шкалирования состоит в построении переменных на основе имеющихся расстояний между объектами. В частности, если нам даны расстояния между городами, программа многомерного шкалирования должна восстановить систему координат (с точностью до поворота и единицы длины) и приписать координаты каждому городу, так чтобы зрительно карта и изображение городов в этой системе координат совпали. Близость может определяться не только расстоянием в километрах, но и другими показателями, такими как размеры миграционных потоков между городами, интенсивность телефонных звонков, а также расстояниями в многомерном признаковом пространстве. В последнем случае задача построения такой системы координат близка к задаче, решаемой факторным анализом – сжатию данных, описанию их небольшим числом переменных. Нередко требуется также наглядное представление свойств объектов. В этом случае полезно придать координаты переменным, расположить переменные в геометрическом пространстве. С технической точки зрения это всего лишь транспонирование матрицы данных. В социальных исследованиях методом многомерного шкалирования создают зрительный образ «социального пространства – дерева целей» объектов наблюдения или свойств. Для такого образа наиболее приемлемо создание двумерного пространства.

Основная идея метода состоит в приписывании каждому объекту значений координат, так, чтобы матрица евклидовых расстояний между объектами в этих координатах, умноженная на константу, оказалась близка к матрице расстояний между объектами, определенной из каких-либо соображений ранее.

Кластерный анализ. Методы *кластерного анализа* позволяют разбить изучаемую совокупность объектов на группы однородных в некотором смысле объектов, называемых *кластерами* или *классами*. Наибольшее распространение получили два подхода к задаче классификации: эвристический, реализующий некоторую схему разделения объектов на классы, исходя из интуитивных соображений, и экстремальный, реализующий схему разделения на основе заданного критерия оптимальности. Наиболее трудным в задаче классификации является определение меры однородности объектов.

Ко всем построенным решеткам будет применяться кластерный анализ, где за меру однородности объектов возьмем квадрат евклидова расстояния, а для измерения расстояний между кластерами используем метод Уорда.

Иерархические агломеративные методы. Рассмотренные методы вычисления расстояний между кластерами относятся к группе иерархических (т. е. деревообразующих) агломеративных (т. е. объединяющих) методов. *Иерархические агломеративные методы* - это многошаговые методы классификации, работающие по следующему алгоритму.

- на нулевом шаге за разбиение принимается исходная совокупность n элементарных кластеров, матрица расстояний между которыми

$$(\rho_{ij}) = (l_{ij}) \in R^{n \times n}$$

- на каждом следующем шаге происходит объединение (в соответствии с эвристическим или экстремальным подходом) двух кластеров K_s и K_t , сформированных на предыдущем шаге, в один кластер $K_{s \oplus t} = K_s \cup K_t$, при этом размерность матрицы расстояний уменьшается, по сравнению с размерностью этой матрицы на предыдущем шаге, на единицу. Если сразу несколько объектов (классов) имеют минимальное расстояние, то возможны две стратегии: выбрать одну случайную пару или объединить сразу все пары.

Результаты работы всех иерархических процедур обычно оформляются в виде так называемой *дендрограммы* (дерева целей): по горизонтали показаны номера объектов, а по вертикали значения межклассовых расстояний ρ_{ij} , при которых произошло объединение двух данных классов.

При использовании рассмотренных в предыдущем пункте агломеративных методов рассчитать расстояние $\rho_{i, s \oplus t}$ между кластерами K_i и $K_{s \oplus t}$ ($i \neq s$, $i \neq t$) можно, используя соответствующую методу формулу расстояния между кластерами, однако менее трудоемки расчеты по формуле:

$\rho_{i, s \oplus t} = \alpha \rho_{is} + \beta \rho_{it} + \gamma \rho_{st} + \delta |\rho_{is} - \rho_{it}|$, в которой значения коэффициентов $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ зависят от используемого метода определения расстояний между кластерами.

Метод	α	β	γ	δ	$\rho_{i, s \oplus t}$
ближнего соседа	0,5	0,5	0	-0,5	$\min(\rho_{is}, \rho_{it}) = \min_{p \in K_i, j \in K_{s \oplus t}} l_{pj}$
дальнего соседа	0,5	0,5	0	0,5	$\max(\rho_{is}, \rho_{it}) = \max_{p \in K_i, j \in K_{s \oplus t}} l_{pj}$
средней связи	$\frac{n_s}{n_s + n_t}$	$\frac{n_t}{n_s + n_t}$	0	0	$\frac{n_s \rho_{is} + n_t \rho_{it}}{n_s + n_t} = \frac{1}{n_t n_{s \oplus t}} \sum_{p \in K_i} \sum_{j \in K_{s \oplus t}} l_{pj}$
центроидный	$\frac{n_s}{n_s + n_t}$	$\frac{n_t}{n_s + n_t}$	$-\alpha\beta$	0	$\frac{n_s \rho_{is} + n_t \rho_{it}}{n_s + n_t} - \frac{n_s n_t \rho_{st}}{(n_s + n_t)^2} = l(\bar{x}_{K_i}, \bar{x}_{K_{s \oplus t}})$

Рис. Способы нахождения расстояний между кластерами

Параллельные кластер-процедуры. Методы, связанные с функционалами качества разбиения. Иерархические методы используются обычно в таких задачах классификации небольшого числа объектов (порядка нескольких десятков), где больший интерес представляет не число кластеров, а анализ структуры множества этих объектов и наглядная интерпретация проведенного анализа в виде дендрограммы. Если же число кластеров заранее задано или подлежит определению, то для классификации чаще всего используют *параллельные кластер-процедуры* - итерационные алгоритмы, на каждом шаге которых используются одновременно (параллельно) все наблюдения. Коль скоро эти алгоритмы на каждом шаге работают со всеми наблюдениями, то основной целью их конструирования является нахождение способов сокращения числа перебора

вариантов (даже при числе наблюдений порядка нескольких десятков), что приводит зачастую лишь к приближенному, но не слишком трудоемкому решению задач. В параллельных кластерных процедурах реализуется обычно идея оптимизации разбиения в соответствии с некоторым функционалом качества.

Последовательные кластер-процедуры. Метод К-средних. Иерархические и параллельные кластер-процедуры практически реализуемы лишь в задачах классификации не более нескольких десятков наблюдений. К решению задач с большим числом наблюдений применяют *последовательные кластер-процедуры* - итерационные алгоритмы, на каждом шаге которых используется одно наблюдение (или небольшая часть исходных наблюдений) и результаты разбиения на предыдущем шаге.

Пакеты прикладных программ (программное обеспечение) для построения и анализа репертуарных решеток. Существует большое количество компьютерных программ, разработанных специально для анализа репертуарных решеток.

Большинство из них предлагают выполнение следующих процедур (зависит от программы): расчет различных показателей, характеризующих решетки; свойства конструкторов или элементов; взаимосвязи между единичными конструкторами (например, корреляции) или элементами (например, расстояния); структурные взаимосвязи между конструкторами или элементами (факторный анализ, кластерный анализ, метод главных компонент или анализ соответствий, formal concept analysis); структурные взаимосвязи между конструкторами и элементами (e.g. single value decomposition after Eckart and Young).

Отличие построения дерева целей техникой репертуарных решеток от традиционного метода. Как мы уже убедились ранее, существуют различные методы построения дерева целей. Основная доля этих методов основана на уже существующей системе целей. Таким образом, традиционные методы построения дерева целей заключаются в том, что эксперту предлагаются набор сформулированных целей, подцелей, задач и направлений, которые он выстраивает в дерево. Затем в построенной иерархии целей с помощью экспертных оценок определяются коэффициенты относительной важности и взаимной полезности каждой задачи, для того чтобы оптимизировать иерархию. При этом построение дерева целей полностью зависит от того эксперта, который формулирует набор целей.

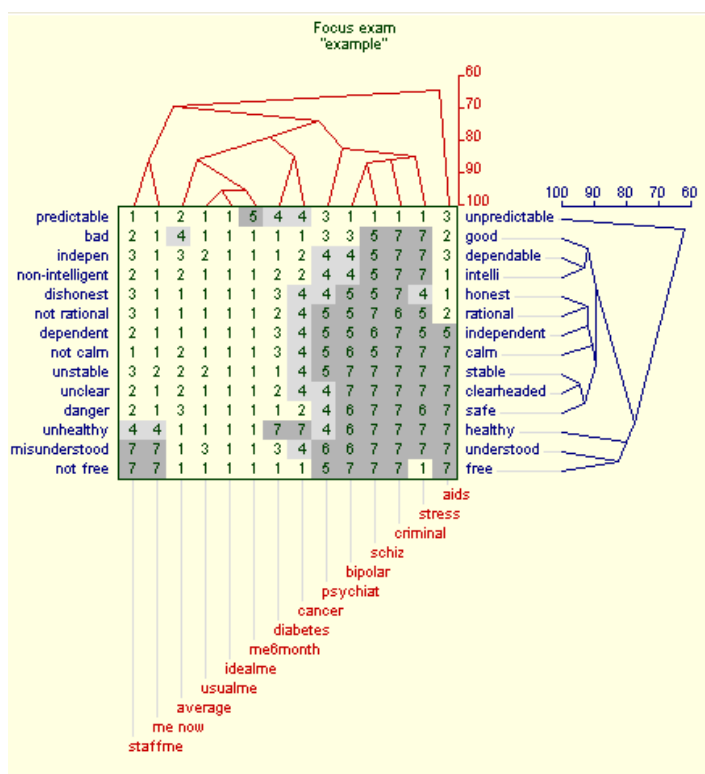


Рис. Кластерный анализ и построение дерева целей на основе репертуарной решетки

В этом плане техника репертуарных решеток полностью отличается от традиционных методов построения дерева целей. Сущность техники репертуарных решеток заключается в том, что

эксперт, анализируя рассматриваемую систему по определенным показателям ее развития, формирует кластеры или направления. Эти кластеры образуются из сходных показателей или тех показателей, которые оказывают сходное влияние на решение главной цели системы.

В данной работе рассматривается обширное направление – стратегическое планирование муниципального образования. Поэтому, чтобы построить дерево целей социально-экономического развития муниципального образования необходимо самим выявлять цели и направления развития, а не пользоваться уже разработанными наборами целей. Если же мы будем рассматривать метод структуризации для построения дерева целей социально-экономического развития муниципального образования, то мы, в результате работы, составим дерево целей, аналогичное многим городам России, хотя при этом могут остаться без внимания проблемы и перспективы именно данного города.

Техника репертуарных решеток – это удобный метод выявления проблем и целеполагания в стратегическом планировании частных фирмы, большие корпорации, города, страны. В результате анализа полученных кластеров могут быть сформулированы направления развития систем, цели, задачи и мероприятия.

Использование теории сложных сетей в целеполагании, прогнозировании и планировании. Термин «сложные сети», а именно так обобщенно называются аналитические, социальные и экономические сети и их применение в кибернетике, возник в начале 21-го века и относится к сетям с более сложной архитектурой, чем, классические сети с заданным числом узлов и связей (транспортные, энергетические, коммунальные, сети связи и т.д.).

Сложные сети являются предметом нашей повседневной жизни, находящей отражение в современных экономических и социальных сетях, и, одновременно, объектом изучения в биологии, экономике, математике, психологии, социологии, инженерии, компьютерных науках. Таким образом, сложные сети – это бурно развивающееся явление сетевой экономики и социальных сетей, требующее от науки нового междисциплинарного подхода, а от образования новых образовательных дисциплин, таких как «Социально-экономические и информационные сети: модели и методы анализа».

Государство применяет сложные сети для организации управления, обеспечения безопасности, выявления потенциальных угроз и выстраивания политики. Последним уровнем государственного управления является правительства краев и областей России, где сетевые технологии управления применяются для стратегического планирования, оценки регулирующих воздействий региональных и федеральных законов, создания соответствующей законодательной базы; анализа и внедрения государственно-частного партнерства.

Бизнес использует сети для управления производством, продвижения товаров и услуг, в целеполагании, прогнозировании и стратегическом планировании.

Домашние хозяйства применяют сети для организации собственной жизни, развития человеческого капитала, организации взаимодействия с властью и бизнесом.

Социальные сети, примерами которых являются Instagram, Google, Twitter, Yelp, WhatsApp, Facebook и др., образуют «ментальную нацию», наиболее типичные фабрики данных в новой цифровой экономике. В отличие от бывших промышленных производств фабрики 21-го века действуют повсюду, где есть подключённый к сети девайс. Труд на этих маленьких девайсах — непрерывный поток твитов, постов, поисковых запросов, обновлений, просмотров, комментариев и снимков — создает всю стоимость в сетевой экономике. Для управления этим хозяйством нужны аналитики, содержанием подготовки которых является дисциплина «Социально-экономические и информационные сети: модели и методы анализа».

История возникновения (работы Jacob Moreno, Anatol Rapoport, William Horvath). Социальные сети представляют собой множество людей или групп людей, которые обладают некоторой системой контактов или взаимодействий между собой, такие как: дружба между индивидуумами, деловые отношения между компаниями, брачные отношения между семьями и т.д. [9]

Одним из первых исследователей социальных сетей был Якоб Морено. В 20-30 годах прошлого века он заинтересовался характером дружбы в рамках небольших групп. На рисунке 2 представлена сеть содружества между мальчиками и девочками, учащихся четвертого класса,

построенная Якобом Морено. Визуально можно заметить, как сильно эти две группы разделены по половому признаку; за исключением лишь одного мальчика, выбравшего в качестве друга девочку.

В 1961 году математик Anatol Rapoport в совместной работе с William Horvath также исследовали товарищеские взаимоотношения в школе среди младших классов. Они одни из первых попытались описать математически полученную графическую модель, и подчеркнули значимость распределения степеней в сетях.

Экономические сети, в свою очередь, представляют собой набор экономических агентов, имеющих между собой экономические отношения. Примерами таких отношений являются: внешняя торговля между странами, долговые обязательства между банками или людьми.

Часто социальные сети часто служат средством передачи информации в экономической сфере. Например, при распространении товара и услуг, не обращающихся на рынке. В роли такого «товара» может выступать информация о вакансиях, технологиях, продуктах [9].

В дальнейшем сети будут представляться в виде графа, где набор элементов сети (индивидуумы, экономические агенты) обозначаются вершинами графа, а отношения между ними будут обозначаться как ребра графа. Если ребру графа сопоставлено определенное число, то такой граф будем называть взвешенным графом.

Свойства сетей. Сети в реальном мире обладают определенными свойствами, которыми не всегда обладают модели случайных графов. Основной задачей исследователей является получение модели сети, соответствующую тем или иным свойствам реальных сетей.

Эффект маленького мира. Эффект маленького мира представляет собой идею, что большие сети склонны иметь маленький диаметр и маленькую среднюю длину геодезической цепи. Геодезической цепью графа называется кратчайшая простая цепь, принадлежащая сети соединяющая две вершины u и v . Цепью называется последовательность из чередующихся вершин и ребер, начинающаяся, и заканчивающаяся вершиной. Диаметр графа называется длина (количество ребер) самой длинной геодезической цепи между любыми двумя вершинами.

В 60-х годах прошлого века Стенли Милграм провел эксперимент по исследованию длины цепи в обществе, в котором люди должны были передать письмо через своих знакомых человеку, которого они не знали. Письма были распределены между людьми проживающих в штатах Канзас и Небраска, им было сообщено имя, профессия, и некоторые приближенные данные о нахождении адресата, проживающего в штате Массачусетс. Участники эксперимента должны были передать письмо своим знакомым, вероятно знающим адресата, либо которые могли бы передать его другому знакомому. Приблизительно, только четверть писем достигло цели, и среднее число людей, участвующих в передаче письма было равно 5, а максимальное число – 12. Данные письма не обязательно следовали кратчайшему пути, но, тем не менее, число участников в цепи достаточно малое, что демонстрирует эффект маленького мира [6]. В настоящее время эффект маленького мира изучен и установлен в большом количестве различных сетей. Цепью называется чередующаяся последовательность вершин и различных ребер, начинающаяся и заканчивающаяся в вершине.

Кластеризация. Одним из важных наблюдений в социальных сетях является то, что они склонны иметь высокий коэффициент кластеризации. Идея кластеризации важна в социологии, где уделяют внимание треугольникам (трем взаимно связанным вершинам) в социальной сети.

Если в графе вершина A является смежной вершинам B и C , то коэффициент кластеризации сети показывает вероятность того, что вершины B и C смежны между собой. Коэффициент кластеризации для вершины i графа G определяется по формуле:

$$C_i = \frac{|\{jk \in G: k \neq j, j \in N_i(G), k \in N_i(G)\}|}{|\{jk: k \neq j, j \in N_i(G), k \in N_i(G)\}|} = \frac{|\{jk \in G: k \neq j, j \in N_i(G), k \in N_i(G)\}|}{d_i(G)(d_i(G) - 1)/2}, \quad (1)$$

где $N_i(G)$ обозначает множество вершин смежных вершине i в графе G , $d_i(G)$ – степень вершины i в графе G .

По-другому формулу 1 можно представить как отношение количества треугольников с вершиной i к количеству троек с центром в вершине i .

$$C_i = \frac{\text{количество треугольников с вершиной } i}{\text{количество троек с центром в вершине } i}, \quad (2)$$

где тройкой с центром в вершине i будем называть цепь длины 2 с центром в вершине i .

Средний коэффициент кластеризации равен:

$$C = \frac{1}{n} \sum_i C_i \quad (3)$$

Существует глобальный коэффициент кластеризации, или его еще называют коэффициентом транзитивности, который вычисляется по следующей формуле:

$$C = \frac{3 * \text{количество треугольников в графе}}{\text{количество троек в графе}}$$

Гомофилия. Многие социальные сети обладают свойством гомофилии, названной Lazarsfeld и Merton. Данное свойство отражает тот факт, что люди более склонны поддерживать отношения с людьми из схожей группы. Группы могут быть различными, отличающиеся признаками такие как возраст, раса, пол, религия или профессия. На пример, основываясь на национальных опросах, Marsden определил, что только 8% людей обсуждают «важные вопросы» с людьми другой расы. Гомофилия представляет собой важный аспект социальных сетей, так как он означает, что социальные сети могут быть сильно разделены на разные группы [6].

Существует 2 различные формы гомофилии: гомофилия, связанная с предоставленными возможностями, и гомофилия, связанная с выбором. Например, большинство детей в школе имеют лучших друзей близких по возрасту к собственному. В основном это обусловлено дружественными отношениями с детьми, с которыми они постоянно взаимодействуют в школе. Этот пример показывает гомофилию, связанную с предоставленными возможностями. Но даже в таком случае, присутствует тенденция формировать непропорциональную долю отношений с детьми своего возраста, что основано ряде факторов, включающих зрелость детей и их интересы. Такие факторы представляют собой гомофилию, связанную с выбором индивида.

Слабые связи в сети. В 1973 году Марк Грановеттер опубликовал одну из самых влиятельных работ в социальных сетях по исследованию слабых связей. В своей работе он определил силу связи как комбинацию продолжительности, эмоциональной интенсивности, близости или взаимного доверия [5]. Также он изучил роль силы связи в социальной сети в нахождении работы участниками сети. Он опросил людей разных профессий одного из городов штата Массачусетс о том, как они нашли свою работу, при этом он отмечал не только социальные контакты при поиске работы, но и силу социальных отношений, измеренную в частоте взаимодействий между индивидуумами за последний год. Из 64 опрошенных человек 16,7% нашли работу через сильную связь (взаимодействие с человеком не реже, чем 2 раза в неделю), 55,7% через среднюю связь (менее 2 раз в неделю, но чаще, чем раз в год) и 27,6% через слабую связь (реже, чем раз в год).

Идея Грановеттера заключалась в том, что индивидуумы, имеющие между собой слабую связь, наименее вероятно имеют между собой общих знакомых, чем индивиды, имеющие сильную связь. Такие связи более вероятно формируют «мосты» между группами, имеющими малое количество связей между собой, и таким образом играют ключевую роль в распространении информации. Грановеттер приходит к заключению, что слабые связи играют связывающую роль во взаимодействиях между группами, в то время, как сильные связи отвечают за сплоченность внутри группы и увеличивают общее разделение в обществе.

Модели случайных графов. Первые модели, которые пытались выделить тип графов, отвечающих свойствам и структурам сетей в реальном мире появились из теории графов, и предполагали, что сети формируются случайным образом.

Модель случайного графа Эрдеша-Реньи. На рубеже 50-х и 60-х годов XX века модель случайного графа предложили математики П. Эрдеш и А. Реньи независимо с А. Рапопортом. Данная модель также имеет название «Случайный граф Пуассона» или «Граф Бернулли». Данная модель не позволяет построить графы с кратными ребрами, графы с петлями и ориентированные графы.

Пусть дано множество вершин $V = \{1, \dots, n\}$. На этом множестве вершин построим случайным образом множество ребер. Максимальное количество ребер, которое может быть построено на n вершинах равно C_n^2 . Предположим, что ребро между любыми двумя вершинами i и j образуется с вероятностью $p \in [0,1]$ независимо от всех остальных $C_n^2 - 1 = \frac{n(n-1)}{2} - 1$ пар вершин. Таким образом, ребра появляются в соответствии со стандартной схемой Бернулли, в которой C_n^2 испытаний, и вероятность появления ребра p . Такой случайный граф Эрдеша-Реньи обозначается как $G_{n,p}$, где p обозначает вероятность возникновения ребра. Обозначив через E случайное множество ребер, которое возникает в результате реализации данной схемы, а за M – множество всех возможных ребер графа, получим вероятность формирования $|E|$ ребер в графе равно $p^{|E|}p^{|M|-|E|}$, где $|M| = \frac{n(n-1)}{2}$. Такая модель случайного графа Эрдеша-Реньи обозначается $G = (V, E)$ [12]. На самом деле, $G = (V, E)$ представляет собой один из множества случайных графов с n вершинами, и количеством ребер равным $|E|$.

Для случайного графа легко находится распределение степеней вершин графа. Степень вершины – это число инцидентных ей ребер. Распределение степеней вершин в случайном графе описывает вероятность того, что любая заданная вершина имеет степень не меньше d_i . Таким образом, вероятность, что любая вершина i имеет строго степень d равна:

$$p_{d_i} = \binom{n-1}{d_i} p^{d_i} (1-p)^{n-1-d_i}. \quad (4)$$

Несмотря на то, что ребра формируются независимо друг от друга, существует некоторая корреляция между степенями различных вершин. При увеличении числа вершин n корреляция между степенями любых двух вершин исчезает, так как существует только одно ребро между ними из $n-1$ возможных инцидентных ребер для каждой вершины. При большом n и маленьком p биномиальная формула вероятности (4) приближенно равна распределению Пуассона, таким образом доля вершин, имеющих d_i инцидентных ребер приближенно равна:

$$p_{d_i} \approx \frac{e^{-(n-1)p} ((n-1)p)^{d_i}}{d_i!} = \frac{e^{-k} k^{d_i}}{d_i!}, \quad (5)$$

Где $k = (n-1)p$ – это средняя степень вершины при $n \gg 1, p \ll 1$.

Ожидаемая структура случайного графа зависит от значения вероятности p . Анатолий Рапопорт, Рэй Соломонофф и Пол Эрдеш, Эдгар Реньи продемонстрировали важное свойство случайных графов: фазовый переход (phase transition). Фазовый переход подразумевает собой переход случайного графа от одного типа структуры к другой при изменении вероятности формирования ребра. Предположим, что в модели случайного графа Пуассона вероятность формирования ребра зависит от количества вершин, и обозначим вероятность $p(n)$. Пусть структура графа является его свойством, которое описывается перечислением всех возможных графов, обладающих этим свойством, на множестве графов с заданным множеством вершин N , и обозначается $A(N) \subset G(N)$. Например, такое свойство, что граф не имеет изолированных вершин (вершин со степенью равной нулю), описывается как $A(N) = \{g | d_i(g) \neq \emptyset \forall i \in N\}$, где d_i – степень вершины i . Тогда для определенного свойства графа задается пороговая функция $t(n)$ следующим образом:

$$P[A(N)|p(n)] \rightarrow 1, \text{ если } \frac{p(n)}{t(n)} \rightarrow \infty, \text{ и}$$

$$P[A(N)|p(n)] \rightarrow 0, \text{ если } \frac{p(n)}{t(n)} \rightarrow 0.$$

Если существует такая пороговая функция, то говорят, что возникает фазовый переход в значении пороговой функции.

Обозначим основные свойства случайного графа Пуассона и их пороговые функции:

- 1) При пороговой функции $t(n) = 1/n^2$ возникают первые ребра, т.е. при $p(n)$ большего порядка, чем $1/n^2$, существует хотя бы одно ребро в графе с вероятностью, стремящейся к 1;
- 2) При $p(n)$ большей, чем $t(n) = n^{-\frac{3}{2}}$ вероятность того, что в графе присутствует хотя бы одна компонента, имеющая как минимум три ребра, стремиться к 1;
- 3) При $p(n)$ большей, чем $t(n) = 1/n$ в графе образуются циклы, и возникает гигантская компонента, содержащая нетривиальную долю вершин;

4) При $p(n)$ большей, чем $t(n) = \log(n)/n$, граф становится связным.

Модель случайного графа Эрдеша-Реньи позволяет вычислить размер гигантской компоненты с помощью следующих эвристических вычислений. Сгенерируем случайный граф Пуассона с $n - 1$ вершиной и вероятностью формирования ребра $p > 1/n$. Добавим в граф вершину, и соединим её с остальными вершинами с вероятностью p . Пусть q – это доля вершин, принадлежащих гигантской компоненте графа из $n - 1$ вершины. При большом значении n , q будет также быть долей вершин, принадлежащих гигантской компоненте графа из n вершин. Вероятность того, что добавленная вершина не принадлежит гигантской компоненте равна вероятности того, что ни одна из смежных ей вершин не принадлежит гигантской компоненте. Если добавленная вершина имеет степень d_i , то данная вероятность сходится к $(1 - q)^{d_i}$, при больших n . Общую долю вершин, не принадлежащих гигантской компоненте может быть найдена усреднением величины $(1 - q)^{d_i}$ по всем вершинам:

$$1 - q = \sum_d (1 - q)^d P(d). \quad (6)$$

Подставляя в (6) формулу (5), то получаем приближенную долю вершин, не принадлежащих гигантской компоненте:

$$1 - q = \sum_d \frac{e^{-(n-1)p} ((n-1)p)^d}{d!} (1 - q)^d = e^{-(n-1)p} \sum_d \frac{((n-1)p(1 - q))^d}{d!} = e^{-q(n-1)p}.$$

Таким образом, получаем:

$$q = 1 - e^{-q(n-1)p}. \quad (7)$$

Одно из решений уравнения (7) при $q = 0$. Тогда и только тогда, когда средняя степень вершины больше единицы, т.е. при $p > 1/(n - 1)$, существует решение для q лежащее между 0 и 1. Данные вычисления показывают наличие фазового перехода, означающим возможность появления гигантской компоненты при пороге в $(n - 1)p = 1$. Это показывает различие в структуре случайных графов при средней степени больше или меньше 1.

Случайные графы отражают одно из свойств реальных сетей – маленькая средняя длина кратчайшей цепи между вершинами, называющийся эффектом малого мира. Поскольку k – это среднее значение степени вершины, а это значит, что, выбирая произвольную вершину, она будет иметь в среднем k смежных вершин. В свою очередь, эти вершины будут иметь k^2 смежных вершин (их количество k , и еще k смежных ребер). После l шагов, получаем k^l по отношению к первоначально выбранной вершине. Очевидно, что добавление новых вершин продолжается не бесконечно, процесс останавливается по достижению n вершин:

$$k^l = n,$$

откуда диаметр случайного графа равен:

$$l = \frac{\log n}{\log k}$$

Однако, для современного мира $n \approx 6 * 10^9$, в соответствии с полученным значением $l \leq 6$ в ходе эксперимента Stanley Milgram, получаем, что $k \approx 42,6$, что не соответствует реальности, так как каждый взятый в отдельности человек по большей части имеет более чем 42 знакомых.

Это говорит о том, что, нельзя утверждать, что реальные жизненные сети можно смоделировать, в частности, пуассоновским случайным графом. Тем не менее, все последующие исследования начались с изучения базовых понятий пуассоновского случайного графа.

Конфигурационная модель (configuration model) случайного графа. Случайные графы могут быть расширены множеством способов для того, чтобы они лучше соответствовали реальным сетям. Одна из таких моделей – конфигурационная модель, позволяющая создавать сети с точно заданным распределением степеней вершин (degree distribution), что в свою очередь позволяет генерировать различные сети с тем же распределением, как заданная модель.

Зададим распределение степени в сети p_d так, что p_d – вероятность того, что случайно выбранная вершина имеет степень d . Назовем последовательностью степеней (degree sequence) набор значений степеней d_i вершин $i = 1 \dots n$ из этого распределения. Таким образом, можно считать, что у каждой вершины i в рассматриваемом графе есть «корешки ребер», или их еще называют «хвосты ребер» в соответствии со значением d_i . Далее, случайным образом выбираем пары «хвостов» из сети и соединяем их в ребра и прodelываем эту операцию до тех пор, пока не исчезнут все «хвосты».

Таким образом, ребра формируются случайным образом, исходя из того, что вероятность, что вершины i и j окажутся смежными:

$$p_{ij} = \frac{d_i d_j}{\sum_{i=1}^n d_i} = \frac{d_i d_j}{2m}$$

Заметим, что чем выше степень у вершин i и j , тем больше вероятность того, что вершины являются смежными.

Модели сети маленького мира. Модели маленького мира ставят перед собой цель описать существующие сети, обладающие свойствами эффекта маленького мира и высокой степени кластеризации. Модели случайных графов отражают эффект маленького мира, но коэффициент кластеризации в таких сетях остается на низком уровне. Далее описываются различные модели маленького мира.

Модель сети маленького мира Уоттса и Строгаца. Первая модель маленького мира в графовой постановке была предложена Уоттсом и Строгацом (Watts and Strogatz 1998) и генерация графа представляет собой следующую процедуру: пусть имеем одномерную решетку, имеющую N вершин, с периодическими граничными условиями (т.е. кольцо), где каждая вершина соединена с её ближайшими k вершинами, далее каждое ребро первоначального графа переопределяем с вероятностью p . Процесс переопределения включает проход по часовой стрелке через каждое ребро, и с вероятностью p перемещения одного конца ребра от одной вершине к другой случайной вершине решетки, но при этом запрещено появление петель и кратных ребер.

В модели требуется условие $n \gg k \gg \ln(n) \gg 1$, где условие $k \gg \ln(n)$ гарантирует связность графа. В такой модели при $p = 0$ мы получаем регулярную решетку. В регулярной решетке коэффициент кластеризации равен $C = \frac{3(k-2)}{4(k-1)}$, и стремится к $\frac{3}{4}$ при k стремящимся к бесконечности. Тем не менее, в регулярной решетке длина средней геодезической цепи между двумя вершинами вычисляется как $L = \frac{n(n+k-2)}{2k(n-1)}$, и при больших k стремится к $\frac{n}{2k}$.

Баррат и Вейгт показали, что при переопределении ребра с вероятностью p коэффициент кластеризации равен $C(p) = \frac{3(k-2)}{4(k-1)}(1-p)^3$. При $p = 0$ коэффициент кластеризации равен коэффициенту кластеризации в регулярной решетке. При $p > 0$ две соседние вершины i , которые были смежными при $p = 0$ все еще являются соседними вершинами по отношению к i , и являются смежными по отношению друг к другу с вероятностью $(1-p)^3$. Тогда коэффициент кластеризации определяется, как отношение среднего числа ребер между соседними вершинами и среднего числа возможных ребер между соседними вершинами.

Для определения средней геодезической цепи на настоящий момент точной формулы не существует, но известно, что $L \sim \frac{\ln(n)}{\ln(k)}$, при $P \rightarrow 1$. Т.е. в модели маленького мира средняя геодезическая цепь возрастает логарифмически с увеличением n . На рисунке 3 показан график зависимости отношения $\frac{C(p)}{C(0)}$ и $\frac{L}{\max(L)}$ от вероятности p . Как показано на рисунке 3, между $p = 0$ и $p = 1$ существует область, где коэффициент кластеризации высок, а средняя длина геодезической цепи между вершинами одновременно мала. Эта область соответствует определению модели маленького мира.

Как было показано Уоттсом граф является графом маленького мира с n вершинами и средней степенью вершин k , если одновременно выполняются следующие условия:

1. $L \approx L_{random}(n, k)$, где $L_{random}(n, k)$ – это средняя длина геодезической цепи случайного графа «Эрдеша – Реньи»;
2. $C \gg C_{random} \approx \frac{k}{n}$.

Таким образом, для выявления, является сеть – сетью маленького мира, достаточно проверить выполнимость вышеперечисленных условий.

Высокий коэффициент кластеризации и маленькая средняя длина кратчайшей цепи отражают такие свойства социальной сети, как гомофилия (homophily) и слабые связи (weak ties).

Модель маленького мира Ньюмана и Уоттса. Модель маленького мира Ньюмана и Уоттса (Newman and Watts) является модернизацией модели Уоттса-Строгаца. Генерация обеих моделей начинается с одномерной регулярной решетки на N вершинах, где каждая вершина смежна с k её ближайшими вершинами. Но вместо переопределения ребер, в данной модели между случайно выбранными парами вершин добавляются дополнительные ребра, называемые «сокращениями» (shortcuts), и в тоже время ни одно ребро не удаляется из основополагающей решетки.

Рассмотрим данную модель в случае двумерной решетки, и покажем, как модель отражает свойства гомофилии и слабых связей в сети. Предположим, что человек живет в двумерной сети – это может быть примером географического расстояния и социальной близости, благодаря чему в сети могут возникнуть ребра между вершинами. Положим, что две вершины находятся в шаговой доступности (grid step) в сети, если они смежные по отношению друг к другу либо в горизонтальном, либо вертикальном направлениях. Теперь создадим сеть, где каждой вершине инциденты два вида ребер: те, которые будут представлять свойство гомофилии, и тех, которые представляют слабые связи. Пусть для некоторой постоянной величины r каждая вершина создает ребро со всеми другими вершинами, которые лежат в радиусе шаговой доступности меньшей или равной r - это соответствует свойству гомофилии.

А для некоторого другого постоянного значения k , узел также формирует ребро со случайно k выбранными другими узлами из сети, ранее не связанными друг с другом - это соответствует свойству слабых связей.

Такая сеть имеет множество триад: две соседние вершины имеют общего друга и более того, с высокой вероятностью найдутся пары вершин с короткой длиной пути (short paths connecting) между ними.

Коэффициент кластеризации в данной модели был найден Марком Ньюманом и представляет собой:

$$C = \frac{3(k-1)}{2(2k-1) + 4kp(p+2)}$$

Модель взвешенной сети маленького мира. Не смотря на распространённое применение моделей невзвешенных графов в моделировании социальных сетей, многие сети ограничиваются описанием не только топологического представления, но и движением информации в сети или транспортными потоками, которые имеют место быть в определенной сети. Например, однородность в частоте взаимодействий может быть важным в понимании социальных систем, аналогично, необходимо учитывать такие фундаментальные показатели как транспортный поток, характеризующий связи в системе коммуникаций, а также огромную транспортную инфраструктуру, являющуюся фундаментальным показателем для полного описания таких сетей.

Под взвешенной сетью граф, в котором каждое ребро имеет количественную характеристику, данная характеристика называется весом ребра. Для описания взвешенной сети используется взвешенный полный граф, в котором ребра, которые соответствуют отсутствующим связям в сети, имеют нулевой вес. В модели предполагается неориентированный граф, в котором вес ребра W_{ij} между вершинами i и j неотрицательны. На рисунке 8 приведен пример взвешенного графа.

Для проверки свойств маленького мира в взвешенной сети, необходимо ввести новую меру взвешенного коэффициента кластеризации (WCC_i) и длины взвешенной геодезической цепи. Для коэффициента кластеризации взвешенной сети необходимо, чтобы выполнялось требование $WCC_i \rightarrow C_i$ в случае бинарного вида весов, т.е. вес ребра равен либо 0, либо 1. В работе Wenquan, Yongjing, Ying, предложили следующую обобщенную формулу вычисления коэффициента кластеризации вершины i со степенью k_i для взвешенных графов:

$$WCC = \frac{2}{k_i(k_i-1)} \sum_{j,h} \min(\tilde{w}_{ij}, \tilde{w}_{jh}, \tilde{w}_{hi}), \quad (8)$$

где \tilde{w}_{ij} - нормированный вес ребра между вершинами i и j , вычисляемая как отношения веса данного ребра к наибольшему весу ребра в сети, т.е. $\tilde{w}_{ij} = w_{ij}/\max(w_{kl})$, что позволяет нормировать коэффициент кластеризации, как долю потока между двумя вершинами от

максимального потока в треугольнике. Коэффициент кластеризации графа вычисляется как среднее значение коэффициента кластеризации каждого ребра:

$$WCC = \frac{1}{n} \sum_i W C_i. \quad (9)$$

Другая формула расчета коэффициента кластеризации была предложена Барратом и соавторами. Предложенная формула учитывала важность структуры кластера, беря за основу интенсивность взаимодействий в кластере, и определялась как

$$\tilde{C}_i = \frac{1}{s_i(k_i - 1)} \sum_{j,h} \frac{w_{ij} + w_{jh}}{2} a_{ij} a_{ih} a_{jh}, \quad (10)$$

где s_i – это сила (strength) вершины i , определяемая, как $s_i = \sum_j a_{ij} w_{ij}$, и a_{ij} – это элемент бинарной матрицы смежности. Количественное измерение силы вершины показывает общий вес инцидентных вершине ребер, другими словами, сила вершины показывает количество потока, проходящего через вершину. Например, Баррат и соавторы в работе рассмотрели структуру сети авиасообщений из базы данных International Air Transportation Association (www.iata.org), где вершинами соответствовали аэропорты, а вес ребра отображал количество доступных мест по перелету между аэропортами за 2002 год. Сеть авиасообщений содержала 3 880 вершин (аэропортов) и 18 810 ребер, обозначающих возможность прямого перелета между аэропортами. Баррат и соавторы показали, что данная сеть является сетью маленького мира, если не учитывать вес ребер. Для формулы коэффициента кластеризации в сети авиасообщений сила вершины показывает количество человек, которое потенциально мог обслужить аэропорт в 2002 году.

Также Баррат и соавторы рассмотрели структуру сети соавторства ученых, где вершины обозначили ученых, а ребра соответствовали тому, являлись ли ученые соавторами хотя бы в одной статье. Вес ребра в данном случае показывал интенсивность взаимодействия ученых i и j , и определялся как $w_{ij} = \sum_p \frac{\delta_i^p \delta_j^p}{n_p - 1}$ если $i \neq j$, $w_{ii} = 0$, где индекс p пробегает по всем научным статьям, n_p – это количество авторов в статье p , и δ_i^p равно 1, если автор i принимал участие в написании статьи p , и равно 0 в противном случае. Определение интенсивности взаимодействий в социальной сети всегда зависит от объектов, которые описывает сеть, но в сети соавторства данное определение отражает взаимодействие ученых между собой: вклад каждого ученого в одну статью тем меньше, чем больше авторов статьи.

Коэффициент кластеризации, рассчитанный по формуле (10), является мерой локальной сплоченности, который учитывает важность кластерной структуры базиса, основанной на интенсивности движения транспорта либо взаимодействий в тройке вершин с центром в вершине i . Формула (10) учитывает вес только двух ребер, инцидентных вершине i (w_{ij} и w_{ih}), и игнорирует вес третьего ребра (w_{jh}). Более того данное определение коэффициента кластеризации не удовлетворяет требованию $WCC_i \rightarrow C_i$, при бинарном виде весов [16]. Множитель $1/s_i(k_i - 1)$ нормализует коэффициент, учитывая вес каждого ребра, инцидентного вершине, умноженный на максимальное возможное количество треугольников с вершиной i .

Оннела и соавторы предложили формулу коэффициента кластеризации, основанную на средней геометрической мере весов ребер [11]:

$$\hat{C}_i = \frac{2}{k_i(k_i - 1)} \sum_{j,h} (\tilde{w}_{ij}, \tilde{w}_{jh}, \tilde{w}_{hi})^{\frac{1}{3}}. \quad (11)$$

Формула (11) так же удовлетворяет требованию $\hat{C}_i \rightarrow C_i$, при бинарном виде весов.

Коэффициент кластеризации графа вычисляется как среднее значение коэффициента кластеризации каждого ребра:

$$\hat{C} = \frac{1}{n} \sum_i \hat{C}_i. \quad (12)$$

Занг и др. предложили модель расчета коэффициента кластеризации вершины в взвешенной сети, учитывая только веса ребер:

$$C_3^w(i) = \frac{\sum_{i \neq h} \sum_{j \neq i, j \neq h} w_{ij} w_{jh} w_{hi}}{\sum_{j \neq h} w_{ij} w_{ih}}. \quad (13)$$

Формула (13) считает общую интенсивность взаимодействий в тройках вершин для частной вершины i , нормированный коэффициент между значениями 0 и 1 по взаимодействиям во всех цепях длины 2 с серединой в вершине v_i . Данная модель склонна давать сбой в идентификации треугольников в сети. Ошибка происходит в случае, когда вес одного из ребер в треугольнике значительно меньше весов остальных ребер и коэффициент кластеризации остается высоким. Ошибка идентификации заключается в том, что треугольник с вершиной i идентифицируется машиной как тройка с центром в вершине i .

В работе предлагается модель расчета коэффициента кластеризации в взвешенной цепи на основе формулы 9:

$$C^w(i) = \frac{3 \sum_{j, h \neq i} w_{ij} w_{jh} w_{hi}}{\sum_{j, h \neq i} w_{ih} w_{hj} + \sum_{j, h \neq i} w_{ij} w_{jh} w_{hi}}. \quad (14)$$

Формула (14) трактует вес ребра w_{ij} как вероятность прохождения потока информации между вершинами i и j напрямую, без вершин в цепи между ними. Коэффициент кластеризации рассчитывается как отношение общей вероятности формирования треугольника по отношению к вероятности всех возможных связанных графов с тремя вершинами, содержащих вершину i . Такое приближение так же гарантирует, что значения коэффициента лежат между значениями 0 и 1.

Формулы (13) и (14) позволяют найти значимые вершины в сети, вершины, через которые наиболее вероятно прохождение информации. Такие вершины могут быть ключевыми в формировании сообществ в социальной сети. В работе была рассмотрена взвешенная сеть Каратэ Клуба Захари (Zachary), представленная на рисунке 10, где вес ребра означал частоту общения между членами клуба. Авторами было замечено, что вершины 1, 33 и 34 имеют более высокий коэффициент кластеризации, и наименьший коэффициент кластеризации имеют вершины 15 и 16, которые являются обычными членами клуба. Вершины 1, 33 и 34 соответствуют наиболее старшим членам клуба, и отношения между этими членами являются ключевыми в формировании двух подгрупп в Каратэ Клубе. Таким образом, формулы взвешенного коэффициента (13, 14) позволяют идентифицировать центральные, с точки зрения важности формирования групп, вершины.

Для расчета длины цепи в взвешенном графе предлагается определить расстояние между двумя вершинами, если между ними существует ребро, как величину обратную весу ребра между заданными вершинами. Такой метод используется, если вес ребра обозначает силу или интенсивность взаимодействий между вершинами. Таким образом, чем сильнее взаимодействие между вершинами, тем меньше расстояние между ними.

В работе Volanos, Vernat, Aviamente предложили следующую модель расчета длины цепи. Предполагается, что от веса ребер в цепи P_{ij} зависит объем потока информации передаваемый в цепи от вершины i к вершине j , где $P_{ij} = \{w_{i,q_1}, w_{q_1,q_2}, \dots, w_{q_m,j}\}$ – последовательность весов ребер в цепи и $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_m\}$ – это последовательность вершин в цепи P_{ij} . Далее применяется алгоритм поиска максимального потока от вершины i к вершине j , где функция потока задается как $F_{ij} = w_{i,q_1}, w_{q_m,j} \prod_{l=2}^m w_{q_{l-1},q_l}$. Тогда длина взвешенной цепи определяется как

$$L^w(i) = \frac{1}{N-1} \sum_{j \neq i} \frac{1}{F_{ij}}. \quad (15)$$

Длина взвешенной цепи для вершины i является средней вероятностью передачи потока информации от вершины i ко всем остальным вершинам.

Для того, чтобы сеть являлась сетью маленького мира при измерении коэффициента кластеризации по формулам 4-8 и измерении средней длины взвешенной цепи, необходимо чтобы соблюдались те же 2 условия что и для невзвешенной цепи в сравнении с соответствующим ему случайным графом. Соответствующий случайный граф генерируется следующей процедурой, состоящей из двух шагов:

- 1) Для взвешенного графа генерируется невзвешенный случайный граф;

2) Веса взвешенного графа случайным образом распределяются по ребрам случайного невзвешенного графа.

Для определения принадлежности сети к с сети маленького мира, при рассчитанной средней взвешенной цепи для каждой вершины по формуле (11) и коэффициента кластеризации по формуле 10 предлагается нормировать коэффициент кластеризации и среднюю длину взвешенной цепи для вершины по средним значениям соответствующих показателей для суррогатного графа, т.е. $C^{w'}(i) = C^w(i)/\langle C_{rand} \rangle$ и $L^{w'}(i) = L^w(i)/\langle L_{rand} \rangle$, где суррогатный граф генерируется как случайная перестановка взвешенных ребер оригинального графа. Мера сети взвешенного маленького мира для каждой вершины определяется как $\sigma^w(i) = C^{w'}(i)/L^{w'}(i)$. Тогда существует локальный маленький мир в сети с центром в вершине i когда $\sigma^w(i) \gg 1$.

Модели роста сети. В отличие от стационарных сетей, существует особый класс случайных графов, в которых новая вершина появляется с течением времени и при появлении формирует ребра с существующими вершинами. Основной целью создания таких моделей была попытка описания моделей интернета, где новая страница создает ссылки на уже существующие. Подобными моделями можно описать и социальные сети. Например, установление новых знакомств, когда человек приходит в новую школу, нанимается на работу, или знакомится с соседями после переезда.

Модель Барабаш-Альберт. Одной из первых моделей, описывающих рост сети, была предложена А.-Л. Барабаш и Р. Альберт как модель, описывающая рост сети интернет. Суть модели состоит в следующем, пусть в каждый момент времени появляется одна вершина, и она формирует фиксированное количество ребер к уже существующим вершинам таким образом, что вероятность формирования ребра к существующей вершине пропорционально степени этой вершины. Модели случайных графов, основанные на описанной идее, называются моделями предпочтительного присоединения.

Рассмотрим модель Барабаш - Альберт более детально. Пусть вершины появляются с течением времени и проиндексированы по времени появления $i \in \{0, 1, 2, \dots, t, \dots\}$. Каждая ново появившаяся вершина формирует m ребер с уже существующими вершинам с вероятностью пропорциональной степени этих вершин. Таким образом, вероятность, что существующая вершина i сформирует ребро с новой вершиной в момент времени t равна $m \frac{d_i(t)}{\sum_{j=1}^t d_j(t)}$, где $d_i(t)$ – степень вершины i в момент времени t . Так как в сети в момент времени t , то $\sum_{j=1}^t d_j(t) = 2tm$. Следовательно, вероятность, что вершина i сформирует новое ребро в период t равно $\frac{d_i(t)}{2t}$.

Предполагается, что на начало процесса уже существует группа из m вершин, каждая смежная с каждой. Далее происходит определенный выше стохастический процесс. Процесс изменения степени вершины в непрерывном времени описывается следующей формулой:

$$\frac{dd_i(t)}{dt} = \frac{d_i(t)}{2t},$$

с начальным условием $d_i(i) = m$.

В работе Н. Jeong, Z. Neda и A.L. Varabasi проверили гипотезу о линейности механизма предпочтительного присоединения на 4х реальных сетях: сети цитирования, сети интернет, сети соавторства и сети актеров. Авторы обозначают вероятность того, что вершина со степенью d сформирует ребро с новопоявившейся вершиной, как $\Pi(d)$, тогда изменение степени d_i вершины i записывается как:

$$\frac{dd_i(t)}{dt} = m\Pi(d_i(t)),$$

где $\Pi(d_i(t))$ имеет вид

$$\Pi(d_i(t)) = \frac{d_i^\alpha(t)}{\sum_j d_j^\alpha(t)} = C(t)d_i^\alpha(t),$$

с $\alpha > 0$ – неизвестный показатель степени. Где $\alpha = 1$ говорит о линейности функции вероятности от степени вершины, соответствующей стандартной модели предпочтительного присоединения. Для проверки гипотезы Jeong и соавторы [20] проверили значение α , и для каждой из четырех существующих сетей было подтверждено существование механизма предпочтительного

соединения. Было показано, что вероятность присоединения ребра к существующей вершине рассчитывается по более сложной функции, в которой предполагается, что вероятность $P(d(t))$ рассчитывается по степенному закону. Степень α уникальна для каждой сети: в то время как для сети интернет и сети цитирования множитель α близок к единице, и вероятность $P(d(t))$ является линейной, то для сети актеров и сети соавторства степень $\alpha < 1$.

Модель Боллобаша-Риордана. Модель Боллобаша-Риордана также была создана с целью описания роста сети интернет, и поэтому по своим свойствам она схожа на модель Барабаша-Альберт.

Построим последовательность случайных графов $\{G_1^n\}$, в которой у графа n вершин и n ребер. Затем из полученной последовательности сделаем последовательность $\{G_k^n\}$, в которой у графа с номером n число вершин равно n , а число ребер равно $kn, k \in \mathbb{N}$. Тогда, пусть $G_1^1 = (\{1\}, \{(1,1)\})$, т.е. в начальный момент времени имеем одну вершину и одну петлю. Пусть построен граф G_1^{n-1} , у него вершины образуют множество $\{1, \dots, n-1\}$, а количество ребер равно $n-1$. Добавим вершину n и ребро (n, i) , у которого $i \in \{1, \dots, n\}$. Ребро (n, n) образуется с вероятностью $\frac{\deg i}{2n-1}$, где $\deg i$ – это степень вершины i в графе G_1^{n-1} . Случайный граф G_1^n построен и удовлетворяет принципу предпочтительного присоединения.

Для перехода к G_k^n выбираем граф G_1^{kn} . Этот граф имеет kn вершин и kn ребер. Делим множество его вершин на последовательные подмножества размера k :

$$\{1, \dots, k\}, \{k+1, \dots, 2k\}, \dots, \{k(n-1)+1, \dots, kn\}.$$

Объявляем каждое подмножество вершиной, а ребра сохраняем, т.е. если ребра принадлежали паре вершин, принадлежащих одному подмножеству, то образуются кратные петли, а если они принадлежали паре вершин из разных подмножеств, то получили кратные ребра. В итоге получаем случайный мультиграф.

Модели роста графов малого мира и их алгоритмы. Граф «Малого мира» - такой граф, в котором две произвольные вершины a и b с большой вероятностью не являются смежными, однако одна достижима из другой посредством небольшого количества переходов через другие вершины. Типичное расстояние L между двумя произвольно выбранными вершинами (количество шагов, необходимых, чтобы достичь одну из другой) растёт пропорционально логарифму от числа вершин N в сети.

В исходной модели Ватца и Строгаца предлагается следующий подход. Пусть N – число вершин, K – средняя степень вершины, β – специальный параметр, причем $0 \leq \beta \leq 1$. Модель строит ненаправленный граф N вершин и $\frac{NK}{2}$ рёбер следующим образом:

1) Строится кольцевая решетка – граф с N вершин, каждая из которых соединена с K соседними, по $K/2$ с каждой стороны. Ребро (ni, nj) существует тогда и только тогда, когда $0 < |i - j| \bmod (N - 1 - \frac{K}{2}) \leq \frac{K}{2}$

2) Для каждой вершины ni берется ребро (ni, nj) , где $i < j$ и меняется на ребро (ni, nk) , где k выбирается равновероятно среди всех значений помимо самого i и номеров уже соединенных с ним вершин (ребра не дублируются)

Традиционный алгоритм генерации сетей, описывающий рост безмасштабных графов, в том числе графов Эрдёша-Реньи и графов «Малого мира» (согласно модели Ватца-Строгаца) – модель Барабаша-Альберт (БА). Она включает в себя две важные общие концепции: рост графа и принцип предпочтительного присоединения. Обе концепции представлены в реальных примерах сетей.

Алгоритм работает следующим образом: граф начинается в виде начальной сетки с m_0 вершин. $m_0 \geq 2$ и степень каждой вершины в начальном графе должна быть не меньше 1, т.е. изолированные вершины отсутствуют.

В каждый момент времени в граф добавляется новая вершина. Каждая новая вершина соединяется с существующими с вероятностью, пропорциональной числу связей этих узлов.

Формально, вероятность p_i того, что новая вершина соединится с вершиной i равна $p_i = \frac{k_i}{\sum_j k_j}$, где

k_j – степень вершины i , а в знаменателе суммируются степени всех существующих узлов. Наиболее связанные вершины («хабы»), как правило, накапливают ещё больше связей, тогда как узлы с

небольшим числом связей вряд ли будут выбраны для присоединения новых узлов. Новые узлы имеют «предпочтение» соединяться с наиболее связанными узлами. Графы, построенные данным алгоритмом, имеют более короткий средний путь, нежели случайный граф, средняя длина пути увеличивается как логарифм размера графа.

Современные модели роста. В работах Ozik, J., Hunt, B. и Aoyuan Peng, Lianming Zhang получил развитие следующий алгоритм детерминированного многомерного роста (DMG) графа «малого мира»:

1. На нулевом шаге ($t=0$) даны 4 первых вершины, которые соединяются дугами в подобие треугольной пирамиды

2. Начиная с первого шага ($t \geq 1$) граф $DMG(t)$ формируется из графа $DMG(t-1)$, полученного на предыдущем шаге, путем добавления новой вершины напротив каждой дуги исходного графа и соединения её дугами с концами этой дуги.

Очевидно, что на каждом шаге алгоритма, начиная с $t=1$, число генерируемых вершин составляет: $\Delta n_t = 3 \times 2^t$, $t \geq 1$, а общее число вершин n_t составляет $n_t = n_0 + \Delta n_1 + \Delta n_2 + \dots + \Delta n_t = 3 \times 2^{t+1} - 2$, а число дуг равно $e_t = 3 \times 2^{t+2} - 6$.

Средняя степень в таком графе стремится к 4 и составляет:

$$\langle k \rangle (t) = \frac{2e_t}{n_t} = 4 - \frac{2}{3 \times 2^t - 1}$$

Функция распределения степени для такого графа представима в следующем виде:

$$p(k) = P(k' > k-1) - P(k' > k) = \frac{(\sqrt{2}-1) \times 2^{-\frac{k}{2}}}{1 - 1/(3 \times 2^t)}$$

Общий коэффициент кластеризации стремится к 0,693 и описывается следующей формулой:

$$\begin{aligned} C &= \frac{1}{n_t} \left[\sum_{i=1}^t \frac{1}{i} \times \Delta n(t-i+1) + \frac{2}{3t+2} \times 4 \right] \\ &= \frac{1}{3 \times 2^{t+1} - 2} \left[1 \times 3 \times 2^t + \frac{1}{2} \times 3 \times 2^{t-1} + \dots + \frac{1}{t} \times 3 \times 2^1 + 4 \times \frac{2}{3t+2} \right] \\ &= \frac{1}{1 - \frac{1}{3 \times 2^t}} \times \ln 2 + \frac{4}{3 \times 2^{t+1} - 2} \times \frac{2}{3t+2} \end{aligned}$$

Средняя длина пути в таком графе приблизительно равна $L(t) \approx 2t/3$, диаметр, соответственно, составляет приблизительно $D \approx 1.46 \ln(n)$.

В работе Yilun Shang предлагается ассортативная геометрическая модель роста $G(m,t)$, во многом аналогичная модели DMG. На каждом шаге к каждой дуге графа из числа появившихся на предыдущем шаге, «прирастает» уже m вершин, которые соединяются ребрами с вершинами-концами генерирующей дуги.

Таким образом, в данной модели рост графа ускоряется, что имитирует рост сети во многих реальных системах. Порядок, размер графа, средняя степень вершины представимы следующим

$$|V(t)| = \frac{m(2m)^t + 3m - 2}{2m - 1}, \quad |E(t)| = \frac{(2m)^{t+1} - 1}{2m - 1}, \quad \bar{\delta}(t) = 4 - \frac{12m - 6}{m(2m)^t + 3m - 2}.$$

образом:

В генерируемом таким образом графе, как и в графе DMG, степень стремится к 4.

Сопоставление параметров графов, генерируемых моделью детерминированного многомерного роста (DMG), и социальных графов сообществ сети Facebook

Среди рассмотренных моделей интерес для исследования представляет модель DMG, за малое число итераций генерирующая граф большой размерности со свойствами графа малого мира. Однако, для оценки её применимости и, возможно, модификации, необходимо сопоставить её с существующими социальными графами.

В качестве примера могут быть использованы исследованные в ходе производственной практики с использованием инструментальной среды Gephi графы активности сообществ социальной сети Facebook. Рассмотрим сообщества трёх университетов – ДВФУ, МПТ и Кэмбриджского университета.

Табл. 1. Сравнение параметров графов активности на страницах в Facebook за 2015 год и графов с аналогичным числом вершин, генерируемых алгоритмом DMG

Граф		ДВФУ	MIT	Cambridge
Фактические параметры графа сообщества	Число вершин	1892	89293	219182
	Число дуг	5596	368062	692195
	Диаметр	8	6	7
	Средняя степень	5,915	8,245	6,316
	Средняя длина пути	3,457	14,437	20,183
	Коэфф. кластеризации	0	0	0
Параметры графа DMG с тем же числом вершин	Число дуг DMG	3776	178543	438416
	Диаметр DMG	7,54	11,39	12,29
	Средняя степень DMG	3,997	3,999	3,999
	Средняя длина пути DMG	12,45	20,8	15,157
	Коэфф. кластеризации DMG	0,698	0,694	0,693

Графы, созданные алгоритмом DMG для того же числа вершин, хотя и оказались менее связными, но обладают существенно более высоким коэффициентом кластеризации, чем графы активности сообществ в социальной сети. Таким образом, подтверждается то, что данные графы активности сообществ не обладают свойствами графов малого мира в той мере, в какой ими обладает «эталонная» модель роста и генерации такого графа. Для генерации подобного им графа (с потерей свойств «малого мира») необходимо создавать приблизительно вдвое больше дуг.

Заключение. Как мы видим, существующие алгоритмы роста графов малого мира несмотря на детерминированный характер позволяют моделировать рост сетей, в некотором роде сходных с реальными, однако учитывают так называемые «слабые» связи в меньшей мере, чем они фактически проявляются в современных социальных сетях.

Отличия в параметрах полученных графов объясняются также тем, что в графе активности не учитываются пользователи, не проявившие активности в определенный период (что приводит к занижению числа вершин и, вероятно, завышению средней степени связности оставшихся).

Уместно также заметить, что не все сообщества современных социальных сетей в полной мере соответствуют определению «малого мира».

В целом, детерминированные модели, подобные модели DMG и модели геометрического ассортативного роста, пригодны для генерации графов «малого мира» и могут быть использованы для имитации динамики роста сетей реального мира, но лишь после внесения модификаций.

Раздел 4. Графовые модели в логико-структурном подходе в стратегическом планировании

Аббревиатура LFA (Logical Framework Approach) расшифровывается как «логико-структурный подход» (или логико-структурный метод). Как ясно из названия – это метод, или алгоритм, или расписанный по шагам примерный набор действий, которые выполняются для того, чтобы составить программу действий, разработать стратегию достижения какой-то конкретной цели. Эти действия могут быть направлены, в общем случае, на решение экономических, научных, бытовых проблем, на планирование производства, практически на все – вопрос только в том, как этот подход применить правильно.

В самом понятии LFA важным является слово «логический». Ведь логика – это одна из тех вещей, на которых, без преувеличения, держится человеческое общество. Логика присутствует во всех областях жизни человека. Основная же функция логики – как раз исследование того, как на основе одних утверждений получить другие, то есть изучение процесса построения причинно-следственных связей. В логико-структурном подходе используется анализ логических закономерностей: если у нас есть информация о нескольких свершившихся событиях, мы можем сделать заключение о предполагаемом событии, которое за ними последует.

Метод LFA был разработан в конце 60-х годов XX века Американским агентством международного развития (USAID) для планирования, управления и оценки деятельности в области международного развития. В течение десятилетий этот подход успешно применялся при планировании своей деятельности различными международными организациями, среди которых -

Сельскохозяйственный банк развития, Датское общество международного развития, Германское общество технического сотрудничества, Международная Организация Труда, Норвежское общество международного развития, Служба развития зарубежных стран, Шведское агентство международного развития, Организация Международного развития ООН. Сегодня наличие логико-структурной схемы (матрицы) фактически является стандартом при оформлении заявок на финансирование различного рода проектов не только в Европе и США, но и на территории многих постсоветских стран.

Логико-структурная схема наглядно демонстрирует ту стратегию действий, которую реализуют в результате применения метода LFA, и за счет этого она является своего рода языком руководителей проектов и организаций. Логико-структурный метод нужен в первую очередь, для грамотной организации работы. Она состоит в правильной постановке целей деятельности, разъяснении каждому участнику его роли в достижении основного результата, обязанностей, возложенных на него и коллег, а также критериев, по которым будет оцениваться его работа.

Основы логико-структурного подхода. Логико-структурный подход – это метод анализа текущей ситуации, идентификации проблем, определения целей и задач, которые должны быть достигнуты в рамках разработки и реализации стратегических планов.

Смысл постановки целей состоит в том, чтобы определить, что является предметом вашего стремления (желаемая ситуация в будущем), с тем чтобы затем выработать план мероприятий для достижения каждой цели. Этот процесс носит название *целевого планирования*. Ясность целей позволяет четко определить конечную задачу для всей деятельности в рамках программы, а также провести оценку осуществления проекта. В ходе осуществления проекта ведется мониторинг, цель которого – установить, способствует ли выполнение проекта достижению поставленных перед ним целей. Если нет, принимаются меры по возвращению проекта в нужное русло. Этот процесс носит название целенаправленного планирования и управления.

Логико-структурный подход состоит из аналитической фазы и фазы планирования.

Аналитическая фаза включает в себя три этапа:

Этап 1. Анализ заинтересованных сторон - идентификация групп, отдельных лиц и учреждений, интересы которых проект может затронуть, идентификация их основных ключевых проблем, ограничений и возможностей.

Этап 2. Анализ проблем - формулировка проблем, определение *причинно-следственных связей* и построение дерева проблем.

Этап 3. Анализ целей - выведение целей из определенных проблем; определение отношений *«средства достижения – конечный результат»*, объединение целей в группы и определение стратегии проекта.

По проведении анализа ситуации проект должен быть готов для проведения детального планирования. Фаза планирования включает в себя пять этапов:

Этап 4. Выведение логики участия - определение составных частей проекта, проверка его внутренней логики, формулировка целей с точки зрения возможностей их измерения.

Этап 5. Указание допущений и факторов риска - выявление условий, могущих оказать отрицательное влияние на выполнение проекта и не подлежащих контролю со стороны менеджмента проекта.

Этап 6. Определение показателей - определение способов измерения прогресса, достигнутого в выполнении проекта; формулировка показателей; определение средств измерения.

Этап 7. Составление графика мероприятий - установление последовательности и взаимозависимости мероприятий, указание их предполагаемой продолжительности; расстановка вех и распределение обязанностей.

Этап 8. Составление плана расходов - указание требующих ресурсов, разработка графика расходов, подготовка подробного бюджета.

Требования

к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Самостоятельная работа включает в себя повторение теоретического и практического материала дисциплины, заслушиваемого и конспектируемого в ходе аудиторных занятий; изучение основной и дополнительной литературы, указанной в

рабочей учебной программе дисциплины, самоконтроль ответов на основные проблемные вопросы по темам занятий; самостоятельный разбор заданий и задач, решаемых на практических занятиях; самостоятельный повтор действий, осуществляемых в ходе выполнения лабораторных работ, в том числе при работе со специальным программным обеспечением.

Результаты самостоятельной работы представляются и оформляются в виде ответов на основные положения теоретического и практического материала дисциплины по темам; письменного разбора процесса решения практических заданий и задач; собственных действий, осуществляемых в ходе выполнения лабораторных работ.

В случае подготовки слайдов для защиты проекта, они должны быть контрастными (рекомендуется черный цвет шрифта на светлом фоне), кегль текста слайдов – не менее 22pt, заголовков – 32pt. Основная цель использования слайдов - служить вспомогательным инструментом к подготовленному выступлению, цитирование больших фрагментов текста на слайдах не допускается. Приветствуется использование рисунков, графиков, таблиц, интерактивного материала, однако, следует предусмотреть выбор цвета и толщину линий.

Слайды должны содержать титульный лист, цели и задачи (не более 2-х слайдов с обзором актуальности, новизны, теоретической и практической значимости работы), основные публикации с их кратким обзором (1-2 слайда), формальную постановку задачи и формулировку моделей (1-2 слайда), краткое тезисное (!) изложение ключевых положений работы (разумное количество слайдов с учетом общего времени выступления), заключение (с изложением результатов работы, подведением выводов, обсуждением практического использования работы, возможностей проведения дальнейших исследований и разработок в данной области).

Как правило, 12-15 слайдов оказывается достаточным для полного представления работы.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Общие критерии оценки выполнения самостоятельной работы – правильность ответов на вопросы по темам теоретической части дисциплины, верность получаемых ответов в ходе решения практических заданий и задач, достижение правильного результата при осуществлении собственных действий по лабораторным работам.

Оценивание знаний в форме собеседования проводится по критериям:

- логичность изложения, знание и понимание основных аспектов и дискуссионных проблем по теме;
- владение методами и приемами анализа теоретических и/или практических аспектов по теме.

Оценивание знаний в форме проекта проводится по критериям:

- завершенность и полнота выполненных заданий в рамках проекта;
- владение методами и приемами решения конкретных задач и самостоятельность использования специализированного программного обеспечения; качество оформления письменного отчета в соответствии с правилами и стандартами оформления.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Математические модели и методы в приложениях,
планировании и прогнозировании»

1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика (физико-математические науки)

Паспорт ФОС

Формулировка требований	Этапы формирования	
Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Знает	методы научных исследований и основы организации научно-исследовательской деятельности в области «Математические модели и методы в приложениях, планировании и прогнозировании»
	Умеет	использовать современные методы исследований в области «Математические модели и методы в приложениях, планировании и прогнозировании»
	Владеет	информационно-коммуникационными технологиями исследований в области «Математические модели и методы в приложениях, планировании и прогнозировании»
Способность и готовность использовать стратегии формирования сетей и модели распространения потоков, объектов в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях в рамках теории графов и комбинаторного анализа	Знает	стратегии формирования сетей и модели распространения потоков, объектов в экономических, финансовых, социальных и аналитических сетях
	Умеет	использовать современные методы исследований в области стратегии формирования сетей в экономических, финансовых, социальных и аналитических сетях
	Владеет	методами разработки и анализа моделей распространения потоков, объектов в экономических, финансовых, социальных и аналитических сетях

Шкала оценивания уровня сформированности знаний, умений и навыков

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	критерии	показатели
Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей	знает (пороговый уровень)	методы научных исследований и основы организации научно-исследовательской деятельности в области «Математические модели и методы в приложениях, планировании и прогнозировании»	сформированные представления о методах научных исследований и основах организации научно-исследовательской деятельности в области «Математические модели и методы в приложениях,
			способность сформировать представления о методах научных исследований и основах организации научно-исследовательской деятельности в области «Математические

профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий			планировании и прогнозировании»	модели и методы в приложениях, планировании и прогнозировании»
	умеет (продвинутый)	использовать современные методы исследований в области «Математические модели и методы в приложениях, планировании и прогнозировании»	отбор и использование методов с учетом специфики всех дисциплин по профилю подготовки	способность отбора и использования методов с учетом специфики всех дисциплин по профилю подготовки
	владеет (высокий)	информационно-коммуникационными технологиями исследований в области «Математические модели и методы в приложениях, планировании и прогнозировании»	владение информационно-коммуникационными технологиями исследований во всей профессиональной области «Математические модели и методы в приложениях, планировании и прогнозировании»	способность владения информационно-коммуникационными технологиями исследований во всей профессиональной области «Математические модели и методы в приложениях, планировании и прогнозировании»
Способность и готовность использовать стратегии формирования сетей и модели распространения потоков, волн, объектов в экономических, финансовых, социальных и информационных	знает (пороговый уровень)	стратегии формирования сетей и модели распространения потоков, волн, объектов в экономических, финансовых, социальных и аналитических сетях	сформированные представления о стратегиях формирования сетей и модели распространения потоков, волн, объектов в экономических, финансовых, социальных и аналитических сетях	способность сформированных представлений о стратегиях формирования сетей и модели распространения потоков, волн, объектов в экономических, финансовых, социальных и аналитических сетях
	умеет (продвинутый)	использовать современные методы исследований в области стратегии формирования сетей в экономических, финансовых, социальных и аналитических сетях	отбор и использование методов с учетом специфики всех типов сетей	способность отбора и использования методов с учетом специфики всех типов сетей

сетях в рамках теории графов и комбинаторного анализа	владеет (высокий)	методами разработки и анализа моделей распространения потоков, волн, объектов в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях	владение методами разработки и анализа моделей распространения потоков, волн, объектов экономических, финансовых, социальных и информационных сетях	способность владения методами разработки и анализа моделей распространения потоков, волн, объектов в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях
---	-------------------	--	---	---

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Вопросы для подготовки к зачету по дисциплине «Математические модели и методы в приложениях, планировании и прогнозировании»

Раздел 1. Основные подходы к стратегическому планированию

1. Графовые и сетевые модели и методы в стратегическом планировании: общие принципы и техника организации процесса стратегического планирования.
2. Элементы стратегического планирования.
3. Управление процессом стратегического планирования.
4. Организационные структуры стратегического планирования.
5. Стратегический анализ.
6. Определение целей, формирование программ.
7. Стратегический анализ.
8. Выбор цели и направления развития объекта.
9. Формирование стратегий действий.

Раздел 2. Графовые модели целеполагания. Деревья целей

1. Определение и упорядочение целей является важнейшим элементом стратегического планирования.
2. Управления по целям.
3. Возрастание требований к повышению качества выполнения отдельных управленческих функций, использование при построении системы целей специальных методов и подходов.
4. Методы целеполагания: логическая структуризация целей, при осуществлении которой на каждом уровне структуризации используются заранее выбранные принципы структуризации (метод структуризации).
5. Метод парных сравнений, основанный на применении отношения «целое-частное».
6. Метод структуризации на основе контент-анализа формулировок целей.
7. Метод структуризации для построения «дерева классификации».
8. Метод структуризации для установления полного набора элементов (цели, подцели, мероприятия и т.п.) на каждом уровне структуризации и установление взаимосвязей между ними.

9. Определение коэффициентов относительной важности (приоритетов) отдельных элементов «дерева целей».

Раздел 3. Целеполагание с помощью технологии репертуарных решеток

1. Основные понятия и определения.
2. Графовые модели.
3. Разработка конструкторов.
4. Фундаментальный процесс, лежащий в основе работы репертуарной решетки – процесс выявления конструкторов.
5. Способы выявления конструкторов.
6. Анализ репертуарных решеток.
7. Формально-структурные характеристики системы индивидуальных конструкторов (степень дифференцированности и интегрированности системы, выраженность первой главной компоненты, числа изолированных конструкторов и т. д.).
8. Содержательно-смысловые характеристики индивидуальных конструкторов.
9. Построение репертуарных решеток.
10. Анализ репертуарной решетки с помощью метода визуальной фокусировки.
11. Анализ репертуарной решетки с помощью метода главных компонент.
12. Методика стратегического планирования, использующая графовые модели репертуарных решеток.
13. Построение дерева проблем с применением репертуарных решеток.
14. Анализ целей и выбор стратегии.
15. Отличие построения дерева целей техникой репертуарных решеток от традиционного метода.

Раздел 4. Графовые модели в логико-структурном подходе в стратегическом планировании

1. Основные понятия и определения LFA (Logical Framework Approach - «логико-структурный подход» или логико-структурный метод).
2. Метод, или алгоритм, расписанный по шагам примерный набор действий, которые выполняются для того, чтобы составить программу действий, разработать стратегию достижения какой-то конкретной цели.
3. Исследование того, как на основе одних утверждений получить другие, то есть изучение процесса построения причинно-следственных связей в стратегическом планировании и целеполагании.
4. Анализ логических закономерностей в логико-структурном подходе.
5. Графовые модели в логико-структурном подходе в стратегическом планировании.
6. Основы логико-структурного подхода (ЛСП).
7. Сильные и слабые стороны ЛСП.
8. Использование ЛСП в проектном планировании.
9. Графовые модели в ЛСП.

Критерии оценки:

✓ 100-86 баллов - если ответ показывает глубокое и систематическое знание всего программного материала и структуры конкретного вопроса, а также основного

содержания и новаций лекционного курса по сравнению с учебной литературой. Студент демонстрирует отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией соответствующей научной области. Знание основной литературы и знакомство с дополнительно рекомендованной литературой. Логически корректное и убедительное изложение ответа.

✓ 85-76 - баллов - знание узловых проблем программы и основного содержания лекционного курса; умение пользоваться концептуально-понятийным аппаратом в процессе анализа основных проблем в рамках данной темы; знание важнейших работ из списка рекомендованной литературы. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа.

✓ 75-61 - балл – фрагментарные, поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии учебной дисциплины; неполное знакомство с рекомендованной литературой; частичные затруднения с выполнением предусмотренных программой заданий; стремление логически определено и последовательно изложить ответ.

✓ 60-50 баллов – незнание, либо отрывочное представление о данной проблеме в рамках учебно-программного материала; неумение использовать понятийный аппарат; отсутствие логической связи в ответе.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Вопросы для коллоквиума, собеседования по дисциплине «Математические модели и методы в приложениях, планировании и прогнозировании»

1. Основные подходы к стратегическому планированию.
2. Графовые модели целеполагания. Деревья целей.
3. Целеполагание с помощью технологии репертуарных решеток.
4. Графовые модели в логико-структурном подходе в стратегическом планировании.

Темы индивидуальных творческих проектов по дисциплине «Математические модели и методы в приложениях, планировании и прогнозировании»

1. Графовые и сетевые модели и методы в стратегическом планировании: общие принципы и техника организации процесса стратегического планирования.
2. Элементы стратегического планирования.
3. Управление процессом стратегического планирования.
4. Организационные структуры стратегического планирования.
5. Стратегический анализ.
6. Определение целей, формирование программ.
7. Стратегический анализ.
8. Выбор цели и направления развития объекта (целеполагание).

9. Формирование стратегий действий.
10. Определение и упорядочение целей является важнейшим элементом стратегического планирования.
11. Управления по целям.
12. Возрастание требований к повышению качества выполнения отдельных управленческих функций, использование при построении системы целей специальных методов и подходов.
13. Методы целеполагания: логическая структуризация целей, при осуществлении которой на каждом уровне структуризации используются заранее выбранные принципы структуризации (метод структуризации).
14. Метод парных сравнений, основанный на применении отношения «целое-частное».
15. Метод структуризации на основе контентанализа формулировок целей.
16. Метод структуризации для построения «дерева классификации».
17. Метод структуризации для установления полного набора элементов (цели, подцели, мероприятия и т.п.) на каждом уровне структуризации и установление взаимосвязей между ними.
18. Определение коэффициентов относительной важности (приоритетов) отдельных элементов «дерева целей».
19. Основные понятия и определения.
20. Графовые модели.
21. Разработка конструкторов.
22. Фундаментальный процесс, лежащий в основе работы репертуарной решетки – процесс выявления конструкторов.
23. Способы выявления конструкторов.
24. Анализ репертуарных решеток.
25. Формально-структурные характеристики системы индивидуальных конструкторов (степень дифференцированности и интегрированности системы, выраженность первой главной компоненты, числа изолированных конструкторов и т. д.).
26. Содержательно-смысловые характеристики индивидуальных конструкторов.
27. Построение репертуарных решеток.
28. Анализ репертуарной решетки с помощью метода визуальной фокусировки.
29. Анализ репертуарной решетки с помощью метода главных компонент.
30. Методика стратегического планирования, использующая графовые модели репертуарных решеток.
31. Построение дерева проблем с применением репертуарных решеток.
32. Анализ целей и выбор стратегии.
33. Отличие построения дерева целей техникой репертуарных решеток от традиционного метода.
34. Основные понятия и определения LFA (Logical Framework Approach - «логико-структурный подход» или логико-структурный метод).

35. Метод, или алгоритм, расписанный по шагам примерный набор действий, которые выполняются для того, чтобы составить программу действий, разработать стратегию достижения какой-то конкретной цели.

36. Исследование того, как на основе одних утверждений получить другие, то есть изучение процесса построения причинно-следственных связей в стратегическом планировании и целеполагании.

37. Анализ логических закономерностей в логико-структурном подходе.

38. Графовые модели в логико-структурном подходе в стратегическом планировании.

39. Основы логико-структурного подхода (ЛСП).

40. Сильные и слабые стороны ЛСП.

41. Использование ЛСП в проектном планировании.

42. Графовые модели в ЛСП.

Критерии оценки индивидуальных творческих проектов

✓ 100-86 баллов выставляется, если аспирант точно определил содержание и составляющие части задания, умеют аргументированно отвечать на вопросы, связанные с заданием. Продемонстрировано знание и владение навыками самостоятельной исследовательской работы по теме. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет.

✓ 85-76 - баллов - работа аспиранта характеризуется смысловой цельностью, связностью и последовательностью изложения; допущено не более 1 ошибки при объяснении смысла или содержания проблемы. Продемонстрированы исследовательские умения и навыки. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет.

✓ 75-61 балл – проведен достаточно самостоятельный анализ основных этапов и смысловых составляющих проблемы; понимание базовых основ и теоретического обоснования выбранной темы. Привлечены основные источники по рассматриваемой теме. Допущено не более 2 ошибок в смысле или содержании проблемы

✓ 60-50 баллов - если работа представляет собой пересказанный или полностью переписанный исходный текст без каких бы то ни было комментариев, анализа. Не раскрыта структура и теоретическая составляющая темы. Допущено три или более трех ошибок смыслового содержания раскрываемой проблемы

Шкала оценивания

Менее 60 баллов	незачтено	неудовлетворительно
От 61 до 75 баллов	зачтено	удовлетворительно
От 76 до 85 баллов	зачтено	хорошо
От 86 до 100 баллов	зачтено	отлично