

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Физико-технический
Направление подготовки Прикладная математика и информатика
Кафедра Высшей математики и математической физики

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ
Тема работы

**ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ КОМАНД НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА
СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ**

УДК 519.1

Студент	ФИО	Подпись	Дата
Группа			
ОБМ41	Королева Елена Александровна		

Руководитель	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Должность				
Доцент	Семёнов М.Е.	к.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Должность				
Доцент	Верховская М. В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Должность				
Ассистент	Гоголева Т.С.	к. ф.-м. н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Трифонов А.Ю.	д.ф.-м.н.		

Томск – 2016 г.

ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ПРОГРАММЕ

Код результата	Результат обучения
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	способность проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива
P2	способность разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач
P3	способность углубленного анализа проблем, постановки и обоснования задач научной и проектно-технологической деятельности
P4	способность разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых задач проектной и производственно-технологической деятельности
P5	способность управлять проектами, планировать научно-исследовательскую деятельность, анализировать риски, управлять командой проекта
P6	способность организовывать процессы корпоративного обучения на основе технологий и развития корпоративных баз знаний
P7	способность разрабатывать и оптимизировать бизнес-планы научно-прикладных проектов
P8	способность разрабатывать корпоративные стандарты и профили функциональной стандартизации приложений, систем, информационной инфраструктуры
P9	способность к преподаванию математических дисциплин и информатики в образовательных организациях основного общего, среднего общего, среднего профессионального и высшего образования
P10	способность разрабатывать учебно-методические комплексы для электронного и мобильного обучения
P11	способность разрабатывать аналитические обзоры состояния области прикладной математики и информационных технологий
P12	способность к взаимодействию в рамках международных проектов и сетевых сообществ
P13	способность осознавать корпоративную политику в области повышения социальной ответственности бизнеса перед обществом, принимать участие в ее развитии
<i>Универсальные компетенции</i>	
P14	готовность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности
P15	готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
P16	способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе, в новых областях

	знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять своё научное мировоззрение
P17	способность использовать и применять углубленные знания в области прикладной математики и информатики
P18	способность использовать углублённые знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности, при разработке и осуществлении социально значимых проектов

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 74 с., 18 рис., 27 табл., 19 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: теория графов, социальная группа, социальный граф, анализ социальных сетей, алгоритм Ньюмана.

Объектом исследования является студенческая группа из 20 человек.

Цель исследования – разработка социальной технологии равномерного деления сложившегося коллектива на проектные группы.

В процессе исследования проводилось деление группы, состоящей из 20 студентов, на четыре мини-группы по 5 человек для реализации проектов, ранжирование полученных мини-групп по уровню сложности выполняемых задач и статистическая оценка эффективности деления.

В результате исследования учебная группа из 20 студентов была разделена на четыре мини-группы по 5 человек с коэффициентом модулярности кластеризации 0,284, проведено ранжирование полученных мини-групп по уровню сложности выполняемых задач, статистически оценено положительное влияние взаимодействия внутри мини-групп на индивидуальную академическую успеваемость студентов.

Степень внедрения: средняя, на стадии разработки.

Область применения: российские и иностранные организации.

Экономическая эффективность/значимость работы выражается в том, что разработанная технология формирования проектных команд применима к любому коллективу и позволяет повысить эффективность командной работы за счет учета предпочтений в коммуникации при формировании.

В будущем планируется развивать предложенную тему, а именно продвигать услугу формирования проектных команд по предложенной технологии среди российских и иностранных организаций, а также рассмотреть другие алгоритмы кластеризации, помимо алгоритма Ньюмана, для использования в технологии.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ Р 1.5 – 2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные в Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.
2. ГОСТ 7.1 – 2003 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка.
3. ГОСТ 7.9 – 95 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация.
4. ГОСТ 7.32 – 2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.
5. ГОСТ 12.0.003-74 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
6. СанПин 2.6.1.2523-09 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Нормы радиационной безопасности НРБ-00/2009.
7. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность.
8. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Гигиенические требования к ПЭВМ и организация работы.
9. НПБ 105–95 Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	8
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	10
2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ ГРАФОВ.....	12
3. АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНЫХ ГРАФОВ	15
3.1. СОЦИАЛЬНЫЙ ГРАФ	15
3.2. СООБЩЕСТВО.....	17
3.3. Модулярность	18
4. МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ СООБЩЕСТВ.....	19
4.1. BETWEENNESS	19
4.2. FASTGREEDY	20
4.3. LABELPROGATION	20
4.4. EIGENVECTOR	21
5. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	22
5.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	22
5.2. РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ.....	23
5.3. РЕЗУЛЬТАТЫ	28
6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	40
6.1. ПРЕДПРОЕКТНЫЙ АНАЛИЗ	40
6.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	40
6.1.2. Анализ конкурентных технических решений.....	42
6.1.3. SWOT-анализ.....	43
6.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	44
6.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	46
6.1.6. Инициация проекта	47
6.2. ПЛАНИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ ПРОЕКТОМ	49
6.2.1. Иерархическая структура работ проекта.....	49
6.2.2. Контрольные события проекта	50
6.2.3. План проекта.....	51
6.2.4. Бюджет научного исследования	52
6.2.5. Оценка сравнительной эффективности проекта	56
6.3. ВЫВОД	58
7. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	59
7.1. ВВЕДЕНИЕ.....	59
7.2. АНАЛИЗ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ	59

7.3. ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ УРОВНЕЙ ОПАСНОГО И ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И УСТРАНЕНИЮ ИХ ВЛИЯНИЯ ПРИ РАБОТЕ НА ПЭВМ	61
7.3.1. Организационные мероприятия	61
7.3.2. Технические мероприятия.....	61
7.3.3. Условия безопасной работы.....	63
7.4. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ	65
7.5. ПОЖАРНАЯ И ВЗРЫВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....	67
7.6. ВЫВОД	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	70
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА.....	72
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	73
ПРИЛОЖЕНИЕ А	75
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	77

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, потребность в выделении проектных команд существует в коллективах большинства организаций, коммерческих и некоммерческих, российских и иностранных. Это связано с тем, что большая часть работы выполняется в форме проектов, для каждого из которых выделяются группы специалистов из коллектива. Проекты имеют временный характер, соответственно, проектные команды меняются вместе с ними.

Например, необходимость разделения студенческих учебных групп на несколько мини-групп в университете может быть обусловлена:

- форматом образовательной технологии (исследовательские проекты);
- ограниченным количеством единиц специального технического оборудования в аудиториях.

Стандартно в таких ситуациях проводится группировка студентов по одному из следующих принципов: гендерная принадлежность (равное количество юношей и девушек в группе), по списку (в соответствии с порядковым номером студента в рабочей ведомости), а также по уровню владения английским языком.

В данной работе предлагается при группировке использовать иной критерий: рассмотреть сложившиеся социальные связи между студентами. Для решения такой задачи наиболее подходит анализ социальных сетей (Social Network Analysis, SNA). Он успешно используется для изучения социального взаимодействия в политических и социальных науках, компьютерных технологиях, образовании. Одно из направлений применения SNA — формирование или перераспределение малых групп в университетах и других организациях, где руководство сталкивается с необходимостью соблюдения не только технических (одинаковая численность групп или их единообразие), но и социальных требований: обеспечения такой структуры групп и таких условий взаимодействия в них, которые способствуют достижению определенных результатов [7].

Цель исследования – разработка социальной технологии равномерного разделения сложившегося коллектива на проектные группы. Главным условием для равномерного разделения выступало сохранение сложившихся социальных отношений между членами коллектива.

Для достижения цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Изучить литературу по кластерному анализу и социальным сетям;
2. Разработать анкету для выявления социальных связей внутри коллектива;
3. Выбрать функционал качества разделения (кластеризации) коллектива на проектные группы;
4. Выбрать и применить алгоритм кластеризации коллектива на проектные группы;
5. Провести (при необходимости) корректировку кластеризации с учетом функционала качества разделения;
6. Проранжировать полученные кластеры по уровню сложности выполняемых задач;
7. Статистически оценить эффективность кластеризации и сделать выводы.

Объектом исследования является студенческая группа из 20 человек.

Предметом исследования является социальная технология разделения коллектива на проектные группы и оценка ее эффективности.

Новизна работы заключается в использовании анализа социальных сетей. Разработанная технология позволяет повысить эффективность работы за счет учета социальных связей между участниками, что немаловажно для руководства организаций [13].

В результате исследования учебная группа из 20 студентов была разделена на четыре мини-группы по 5 человек с коэффициентом модулярности кластеризации 0,284, проведено ранжирование полученных мини-групп по уровню сложности выполняемых задач, статистически оценено положительное влияние взаимодействия внутри мини-групп на индивидуальную академическую успеваемость студентов.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Пэйл и др. [10] сравнили два метода для оценки дружеских сетей студентов: метод взаимной номинации и социальную когнитивную картографию. В общей сложности 190 участников приняли участие в эксперименте. Авторы ввели типы изолированных студентов в своем исследовании: а) студент без каких-либо взаимных связей (тип 1), и б) студент с одной взаимной связью (тип 2). Сплоченная подгруппа определяется как группа по крайней мере трех студентов, которые а) имеют больше внутренних связей, чем внешних, б) связаны некоторым путем с каждым из членов группы, и остаются связаны, если удалить до 10% участников группы.

Риэнтис и др. [11] провели серию экспериментов, чтобы понять, как студенты развивают и поддерживают учебные и дружеские отношения в течение долгого времени с большой выборкой учащихся (200+ студентов). Студенты были разделены на 41 команду из 5 студентов каждая в среднем. Результаты указывают на то, что учебное проектирование может иметь сильное влияние на то, как студенты работают в команде, как развиваются социальное обучение и дружеские взаимодействия, а также повысить успеваемость.

Пронин и др. [19] предложили метод группировки для реорганизации студенческих групп с использованием методологии анализа социальных сетей. Задача состояла в реорганизации четырех существующих групп студентов в три новых группы. Был использован алгоритм Гирвана-Ньюмана для того, чтобы создать три новых группы, а затем авторы скорректировали новые группы, основываясь на существующих отношениях между студентами и значении модулярности. Этот метод может быть использован при создании проектных групп для исследовательских занятий или научных лабораторий.

Ломи и др. [6] определили модель, которая позволяет оценить взаимозависимый вклад социального отбора и социального влияния на

индивидуальную успеваемость. Предложенная стохастическая модель основана на непосредственном наблюдении связности между студентами. В своем исследовании авторы изучали воздействие 75 участников на индивидуальную успеваемость на уровне группы.

Эртем и др. [3] использовали метрики анализа социальных сетей для прогнозирования учебной успеваемости с учетом позиции студента в сети. Авторы обнаружили положительную корреляцию между успеваемостью студентов и шестью используемыми метриками: степень, центральность собственного вектора, промежуточная центральность, центр деятельности, значимость и PageRank.

В отличие от модулярности, предложенной Ньюманом [9], там был принятый стандарт для результатов выделения сообщества. Ян и др. [16] обнаружили, что проводимость и коэффициент участия в триплетах могут наилучшим образом охарактеризовать качество выделения сообществ.

2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ ГРАФОВ

Граф – система, которая интуитивно может быть рассмотрена как множество точек и множество соединяющих их линий (геометрический способ задания графа – рис. 1).

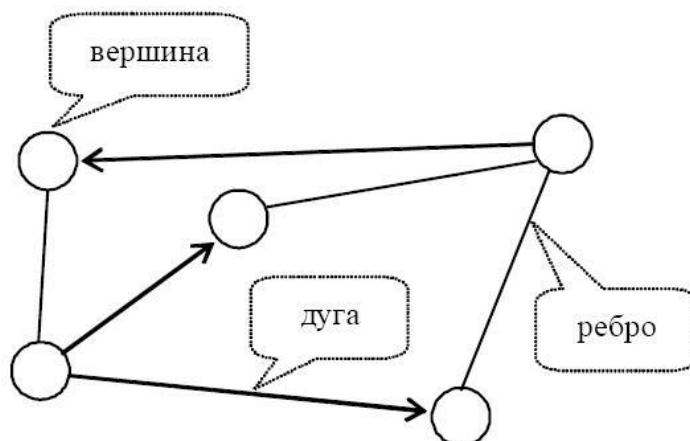


Рис. 1. Пример графа

Точки называются вершинами графа, линии со стрелками (направленные линии) – дугами, без стрелок (без направления) – ребрами.

Граф, в котором направление линий не выделяется, называется неориентированным; граф, в котором направление линий принципиально, называется ориентированным.

Теория графов может рассматриваться как раздел дискретной математики (точнее – теории множеств), и формальное определение графа таково:

Задано конечное множество X , состоящее из n элементов ($X = \{1, 2, \dots, n\}$), называемых вершинами графа, и подмножество V декартова произведения $X \cdot X$, то есть $V \subseteq X^2$, называемое множеством дуг. Тогда ориентированным графом G называется совокупность (X, V) (неориентированным графом называется совокупность множества X и множества неупорядоченных пар элементов, каждый из которых принадлежит множеству X).

Дуга между вершинами i и j , $i, j \in X$, обозначается (i, j) . Число дуг графа обозначается как m ($V = (v_1, v_2, \dots, v_m)$).

Подграфом называется часть графа, образованная подмножеством вершин вместе со всеми ребрами (дугами), соединяющими вершины из этого множества. Если из графа удалить часть ребер (дуг), то получим частичный граф.

Две вершины называются смежными, если они соединены ребром (дугой). Смежные вершины называются граничными вершинами соответствующего ребра (дуги), а это ребро (дуга) – инцидентным соответствующим вершинам.

Цепью называется последовательность смежных вершин. Замкнутая цепь называется циклом.

Если любые две вершины графа можно соединить цепью, то граф называется связным. Если граф не является связным, то его можно разбить на связные подграфы, называемые компонентами.

Связностью графа называется минимальное число ребер, после удаления которых граф становится несвязным.

В неориентированном графе степенью вершины i называется число d_i инцидентных ей ребер. Очевидно, $d_i \leq n - 1$, $i \in X$. Граф, степени всех вершин которого равны $n - 1$, называется полным. Граф, все степени вершин которого равны, называется однородным.

Вершина, для которой не существует инцидентных ей ребер ($d_i = 0$) называется изолированной. Вершина, для которой существует только одно инцидентное ей ребро ($d_i = 1$) называется висячей.

Определим матрицу смежности графа как квадратную матрицу $n \times n$, элемент a_{ij} которой равен единице, если $(i, j) \in V$, и нулю, если $(i, j) \notin V$, $i, j \in X$. Для неориентированного графа матрица смежности всегда симметрическая.

Определим матрицу инциденций для ребер графа как прямоугольную матрицу $n \times m$, элемент r_{ij} которой равен единице, если вершина i инцидентна ребру j , и нулю в противном случае, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$. Аналогично определяется матрица инциденций для дуг графа – как прямоугольная матрица $m \times n$, элемент r_{ij}

которой равен плюс единице, если дуга U_j исходит из вершины i , минус единице, если дуга U_j заходит в вершину i , и нулю в остальных случаях, $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$.

Язык графов оказывается удобным для описания многих физических, технических, экономических, биологических, социальных и других систем. В данном исследовании графы представляют интерес как инструменты визуализации моделей коллективов и групп, используемых в социологии. Они основываются на представлении людей или их групп в виде вершин, а отношений между ними (например, отношений знакомства, доверия, симпатии и т.д.) – в виде ребер или дуг. В рамках подобного описания решаются задачи исследования структуры социальных групп, их сравнения, определения агрегированных показателей, отражающих степень напряженности, согласованности взаимодействия и др.

3. АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНЫХ ГРАФОВ

3.1. СОЦИАЛЬНЫЙ ГРАФ

Четкого формального определения, какой граф можно называть социальным, нет. В основе этого понятия лежит граф знакомств между людьми в обществе. Однако, социальным графом называется чуть более широкий класс графов [12]. Можно сказать, что социальный граф — это такой специальный вид графов, который характеризуется следующим набором свойств:

1. Одна большая общая компонента связности. В большинстве социальных графов присутствует одна большая компонента связности, которая захватывает большинство вершин. Остальные компоненты гораздо меньшего размера, возможно, они являются даже отдельными одиночными вершинами, как часто бывает в случае с графами социальных сетей.
2. Распределение на степенях вершин. Социальные сети относятся к так называемым безмасштабным сетям (Scale-free network).
3. Среднее расстояние. Под расстоянием между вершинами понимают минимальную длину цепи в графе, соединяющие эти вершины. Социальные сети в среднем имеют очень маленькое расстояние между двумя случайными вершинами.
4. Коэффициент кластеризации. Существует множество коэффициентов для графа, которые показывают некоторую его качественную характеристику [8]. Обычно эту характеристику сравнивают с ее средним значением на случайном графе и смотрят, значимо ли она отличается для исследуемого графа. Так, коэффициент кластеризации основывается на том факте, что если вершины (например, люди) A , B и A , C соединены (знакомы) в социальном графе, то с большой вероятностью B и C тоже соединены (знакомы). Если B и C действительно соединены, это называется закрытым триплетом, если нет — открытым. Коэффициент вычисляется как доля закрытых триплетов среди всех триплетов и может интерпретироваться как степень кластеризации данного графа. Пример подсчета такого коэффициента для вершин показан на рис. 2.

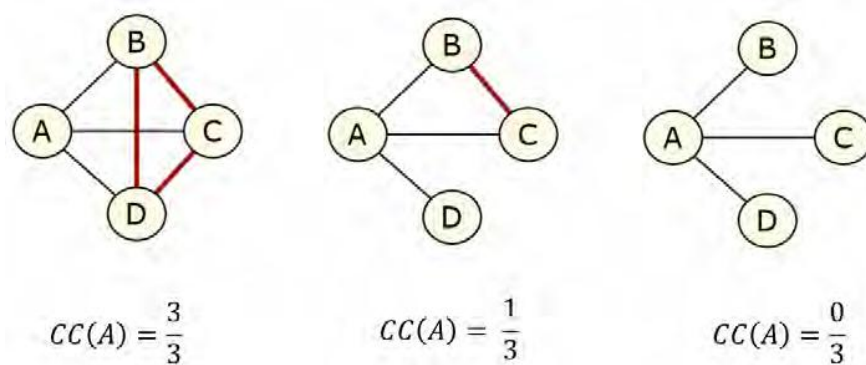


Рис. 2. Коэффициенты кластеризации для вершины A для трех случаев

Считается количество закрытых триплетов, в которые входит вершина A. Чтобы получить коэффициент кластеризации для всего графа, достаточно усреднить значение коэффициента для всех вершин. Если коэффициент принимает значения, близкие к единице, то это значит, что в графе много треугольников и вершины склонны образовывать связь, если они соединены через третью вершину. Соответственно, если значение близко к нулю, то имеет место обратная тенденция. Социальный граф обладает большим коэффициентом кластеризации.

5. Структура сообществ. Коэффициент кластеризации показывает, насколько сильно вершины склонны образовывать группы, которые характеризуются тем, что вершины, входящие в одну группу, соединены между собой гораздо плотнее, чем со всем остальным графом. Умение выделять сообщества из графа позволяет многое понять про сам граф. Так, размеры современных графов превышают сотни тысяч вершин и миллионы ребер, поэтому стандартное представление графа теряет свою информативность. Если объединить вершины в сообщества, то можно без потери информации о структуре графа исследовать его на более абстрактном уровне [4]. На рис. 3 дан пример графов на одних и тех же вершинах. Первый явно имеет 3 сообщества, а второй нет.

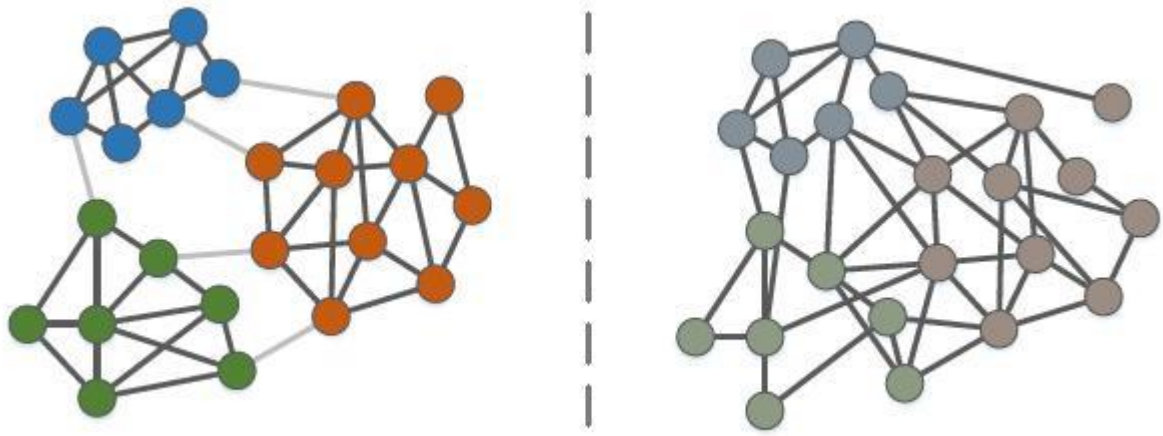


Рис. 3. Пример графа, который имеет структуру из трех сообществ (слева), и графа на тех же вершинах, который ее не имеет

Этот список свойств не является полным, однако, на нем видна специфичность именно социальных графов, что позволяет выделить их в отдельный тип.

3.2. Сообщество

Так же, как и социальный граф, понятие сообщества сложно формализовать [14]. На концептуальном уровне сообществом называется такая группа вершин, где внутригрупповые связи гораздо плотнее межгрупповых, что хорошо видно на рис. 3.

Обычно также делают предположение, что сообщество состоит из одной компоненты связности. В противном случае его можно разделить на несколько более мелких сообществ.

В этой работе будет использоваться предположение о структуре сообществ в графе, что каждая вершина графа входит в одно и только одно сообщество. Отметим, что из предположения сразу следует, что сообщества полностью покрывают граф.

Далее будем говорить о задаче кластеризации или поиска разбиения, имея в виду исходную задачу выделения сообществ в графе.

3.3. Модулярность

После того как отработал алгоритм выделения сообществ, необходимо оценить качество получившегося результата. В случае, если неизвестно истинное разбиение на сообщества, для оценки качества используется значение функционала модулярности. Такая ситуация встречается чаще всего, особенно для графов большого размера и реальных данных.

Самой популярной и общепризнанной мерой качества для данной задачи является коэффициент модулярности (modularity) [2]. Функционал был предложен Ньюманом и Гирваном в ходе разработки алгоритма кластеризации вершин графа. Модулярность — это скалярная величина из отрезка $[-1, 1]$, которая количественно описывает неформальное определение структуры сообществ, данное выше:

$$Q = \sum_i (e_{ii} - a_i^2), \quad (1)$$

где e_{ii} - доля ребер, соединяющих вершины i -го графа, $a_i = \sum_j e_{ij}$, e_{ij} - доля ребер, соединяющих вершины i -го графа с вершинами j -го графа. Доля рассчитывается как отношение числа обозначенных ребер к общему числу ребер.

Достоинства модулярности. Модулярность достаточно просто интерпретируется. Ее значение равно разности между долей ребер внутри сообщества и ожидаемой доли связей, если бы ребра были размещены случайно. Модулярность возможно эффективно пересчитывать при небольших изменениях в кластерах.

Недостатки. Функционал не является непрерывным, и задача его оптимизации — дискретная. Для поиска глобального оптимума используют приближенные схемы. Некоторые из них действительно оптимизируют значение функционала, другие же по значению модулярности выбирают наилучшее решение из найденных, то есть без гарантий локальной оптимальности решения.

4. МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ СООБЩЕСТВ

Существует много методов выделения сообществ. Приведем несколько наиболее популярных из них. Алгоритмы будем обозначать следующими ключевыми словами:

1. **Betweenness** — алгоритм на основе коэффициента промежуточной центральности (*betweenness centrality*), определяемый как количество кратчайших путей между всеми парами вершин, проходящих через данное ребро.
2. **Fastgreedy** — метод, основанный на жадной оптимизации функции модулярности.
3. **LabelPropogation** — метод, основанный на присвоении меток к каждой вершине. Каждый раз выбирается метка с максимальной встречаемостью среди смежных вершин.
4. **Eigenvector** — метод, основанный на собственных векторах матрицы модулярности, которая получается из матрицы смежности.

Опишем базовые принципы работы данных методов подробнее.

4.1. BETWEENNESS

Алгоритм, разработанный Ньюманом и Гирваном [5]. Работает по схеме:

1. Подсчет значений промежуточной центральности на всех ребрах графа;
2. Поочередное удаление ребер с самым большим коэффициентом;
3. Сообществами считаются оставшиеся компоненты связности;
4. Процедура удаления связей завершается, когда достигает максимума модулярность результирующего разбиения.

Промежуточная центральность считается как количество кратчайших путей между всеми парами вершин, проходящих через данное ребро. Если между вершинами N кратчайших путей, то каждому ребру прибавляется $1/N$ к значению коэффициента. Чем больше данная величина, тем более вероятно, что данное ребро соединяет вершины из разных сообществ. Отметим, что данный алгоритм имеет множество модификаций, которые сводятся к

подсчету других реберных коэффициентов, либо замены модулярности другим схожим функционалом.

Данный алгоритм является одним из первых алгоритмов по выделению сообществ в сетях. Его главный недостаток — время работы. Подсчет коэффициентов на ребрах является вычислительно сложной задачей. Это значит, что данный метод не подходит для графов с большим количеством вершин.

4.2. FASTGREEDY

Данный метод заключается в жадной оптимизации модулярности. Алгоритм работает по следующей схеме:

1. Инициализация сообществ в каждой вершине;
2. Объединение сообществ, в результате которого максимальным образом увеличивается модулярность;
3. Выход, если дальнейшее увеличение значения функционала невозможно.

Обычно на втором шаге перебираются не все пары сообществ, а только те, между вершинами которых существуют связи.

Данный алгоритм является быстрым и вычислительно простым, что позволяет применять его для больших графов, таких, как граф интернет-ресурсов. Так же в него легко добавить априорную информацию о составе кластеров, например, если мы знаем, что какие-то конкретные вершины должны лежать в одном кластере.

Однако, метод содержит в себе все недостатки, свойственные жадным методам, и сходится не к самому лучшему решению. Часто метод порождает одно большое сообщество с большинством вершин графа в нем и множество маленьких.

4.3. LABELPROPAGATION

Метод, основанный на эвристике, что вершина относится к тому сообществу, что и большинство ее соседей. Метод характеризуется почти линейной сложностью. Инициализация такая же, как и в предыдущих

методах: каждой вершине по своему сообществу. Далее для каждой вершины мы переопределяем номер ее сообщества, выбирая номер той группы, в которое входит большинство соседей данной вершины. Так мы поступаем до тех пор, пока происходят изменения.

В данном алгоритме очень важен порядок перебора вершин. Для того чтобы нейтрализовать зависимость от порядка, на каждой итерации алгоритма выбирается новый случайный порядок перебора.

Из-за рандомизации алгоритм при нескольких запусках может выдать разные результаты, т.к. критерию останова не обязательно соответствует одна разметка вершин.

Метод хорош своей простотой и интуитивностью, также алгоритм является вычислительно эффективным. Однако, метод склонен выдавать разные результаты и является в некотором смысле неустойчивым, что заметно на практике и в модельных данных. В среднем данный метод работает хуже остальных.

4.4. EIGENVECTOR

Спектральный метод, основанный на собственных векторах матрицы модулярности, которая определяется следующим образом:

$$B = A - \frac{dd^T}{2m}, \quad (2)$$

где d — вектор, в i -ой позиции которого стоит степень i -ой вершины d_i .

Для данной матрицы находится первый собственный вектор (с максимальным собственным числом). Те вершины, у которых соответствующее значение меньше нуля, принадлежат одному сообществу, больше нуля — другому. Подобным образом возможно разделение на большее количество сообществ.

5. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

5.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Объектом разделения на равномерные (по количеству) мини-группы является студенческая группа бакалавров первого курса, направления подготовки «Прикладная математика и информатика». Группа состоит из 20 человек.

Для сбора первичных данных использован социометрический метод – взаимная номинация (reciprocal nomination method) [19]. В предлагаемой анкете включены вопросы, характеризующие разные виды отношений (коммуникация, обмен информацией, повышение успеваемости и непродуктивное сотрудничество) между студентами:

1. С кем из группы вы общаетесь больше всего?
2. К кому из группы вы обычно обращаетесь за информацией, связанной с учебой?
3. Вы бы учились лучше, если бы смогли больше общаться с этими людьми из группы: ...
4. С кем Вы бы не хотели сотрудничать?

Все вопросы предполагают выбор четырех вариантов (фамилий), так как предполагается выделение 4 групп по 5 человек. Стоит отметить, что ответы на четвертый вопрос носили вспомогательный характер: при наличии номинации связь во всех предыдущих вопросах аннулируются.

Онлайн анкетирование реализовано с использованием форм Google (рис. 4).



Опрос для студентов

* Обязательно

Ваши имя и фамилия *

1. С кем из группы вы общаетесь больше всего? *

Выберите 4 человека из списка

- Александр Ахметов
- Евгений Батясов
- Артем Белогуров
- Файзидин Буриев
- Анна Гурьянова

Рис. 4. Фрагмент опроса в виде формы Google

5.2. РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ

На рис. 5 представлен алгоритм процедуры, которая использовалась для получения учебных мини-групп.



Рис. 5. Алгоритм процедуры формирования мини-групп

Такая стратегия предполагает разделение всей группы на мини-группы (новые кластеры) на основании оценок межгруппового учебного взаимодействия (вопросы анкеты). Для определения структуры отношений в некотором сообществе используется множество видов кластеризации на графах. Одним из наиболее универсальных вариантов является алгоритм выявления сообществ в сетях, разработанный М. Гирваном и М. Ньюманом [5].

В общем виде алгоритм Ньюмана выглядит следующим образом:

1. Расчет значения показателя промежуточной центральности (betweenness) для всех ребер графа. Коэффициент центральности ребра сети рассчитывается как количество кратчайших путей между всеми парами вершин данной сети, которые проходят через него. Он показывает силу влияния вершин на различные информационные потоки: чем выше значение данного показателя, тем более значимо влияние;
2. Удаление ребра с самым высоким значением промежуточной центральности;
3. Перерасчет показателя центральности для всех ребер графа;
4. Повторение пункта 2, пока не будет достигнуто оптимальное разбиение графа.

Критерием оптимальности выбран коэффициент модулярности (modularity) графа [9]. Чем выше коэффициент модулярности, тем четче выражен уровень кластеризации сообщества, а в нашем случае – сложившихся социальные отношения внутри группы студентов. Для итоговой кластеризации будем использовать одну сеть, поэтому среди вопросов анкеты необходимо выбрать наиболее значимый. Выбор производится на основе коэффициента модулярности, полученного при кластеризации ответов на каждый вопрос анкеты. В сетях с высокой модулярностью значительно больше взаимных связей между участниками одного кластера, чем между участниками, принадлежащими к разным кластерам, т. е. полученные кластеры являются наиболее ярко выраженными. Высокая модулярность в учебной группе свидетельствует о соблюдении основного условия группировки — о максимальном уровне сплоченности в полученных группах.

Модулярность — это скалярная величина из отрезка $[-1, 1]$, которая количественно описывает структуру сообществ:

$$Q = \sum_i (e_{ii} - a_i^2), \quad (3)$$

где e_{ii} - доля ребер, соединяющих вершины i -го графа, $a_i = \sum_j e_{ij}$, e_{ij} - доля ребер, соединяющих вершины i -го графа с вершинами j -го графа. Доля рассчитывается как отношение числа обозначенных ребер к общему числу ребер.

Полученные результаты анкетирования группы студентов оформлены в виде четырех квадратных бинарных матриц размера 20. Элемент матрицы на пересечении i -й строки и j -го столбца равен единице, если i -й студент выбрал j -го студента, в противном случае – нуль. По условиям анкетирования в каждой строке матрицы предполагалось наличие четырех единиц. Однако в действительности имеет место человеческий фактор, а именно ситуации, когда при ответе на вопрос студент выбрал больше или меньше четырех человек. Кроме этого отметим, что наличие номинирования в вопросе № 4 аннулирует соответствующие элементы в матрицах для вопросов № 1, 2 и 3. Матрицы сохранены в формате *.csv (текстовый файл, содержащий значения, разделенные запятыми). В первом столбце и строке приведены условные именами студентов: A01, A02, ..., A20 (см. Приложение А).

Полученные матрицы импортированы в программу ORA [18]. ORA представляет собой пакет сетевого анализа, который позволяет визуализировать сети, проводит их анализ с использованием методов прикладного сетевого анализа. Визуализацию социальных связей на основе каждого из вопросов можно увидеть на рис. 6-8.

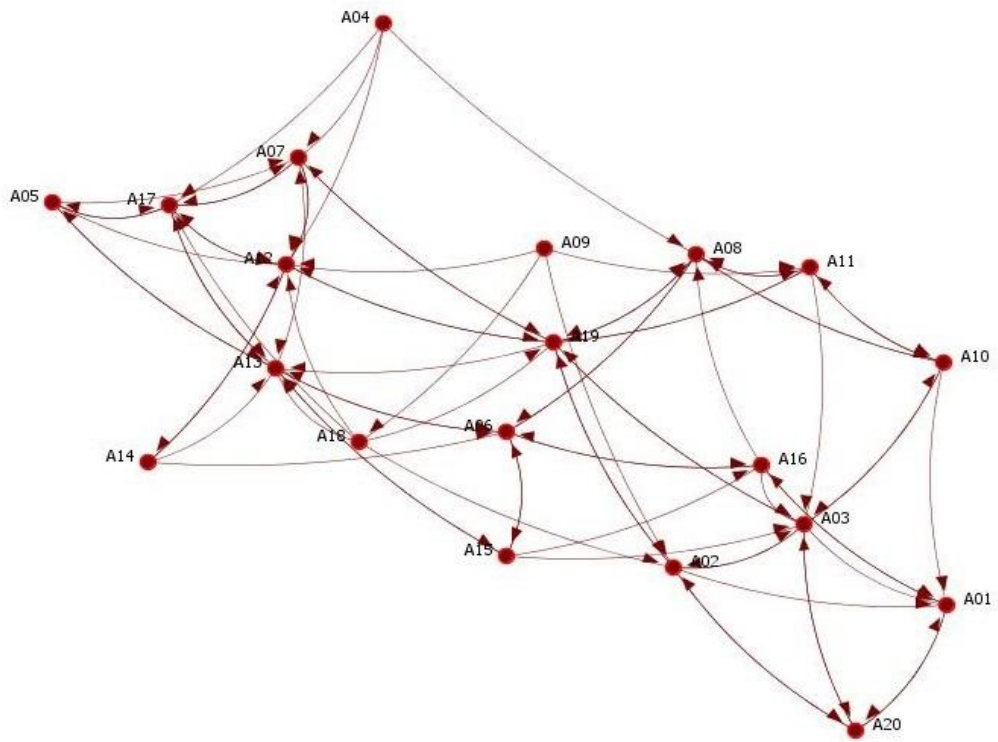


Рис. 6. Социальная сеть по первому вопросу

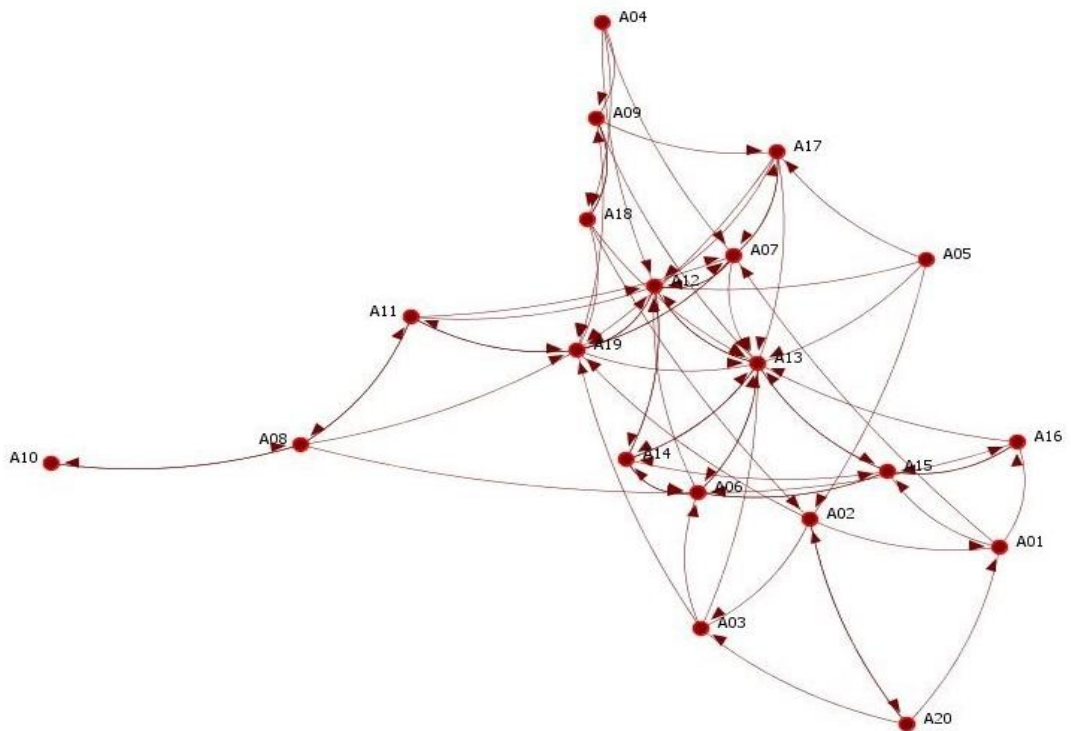


Рис. 7. Социальная сеть по второму вопросу

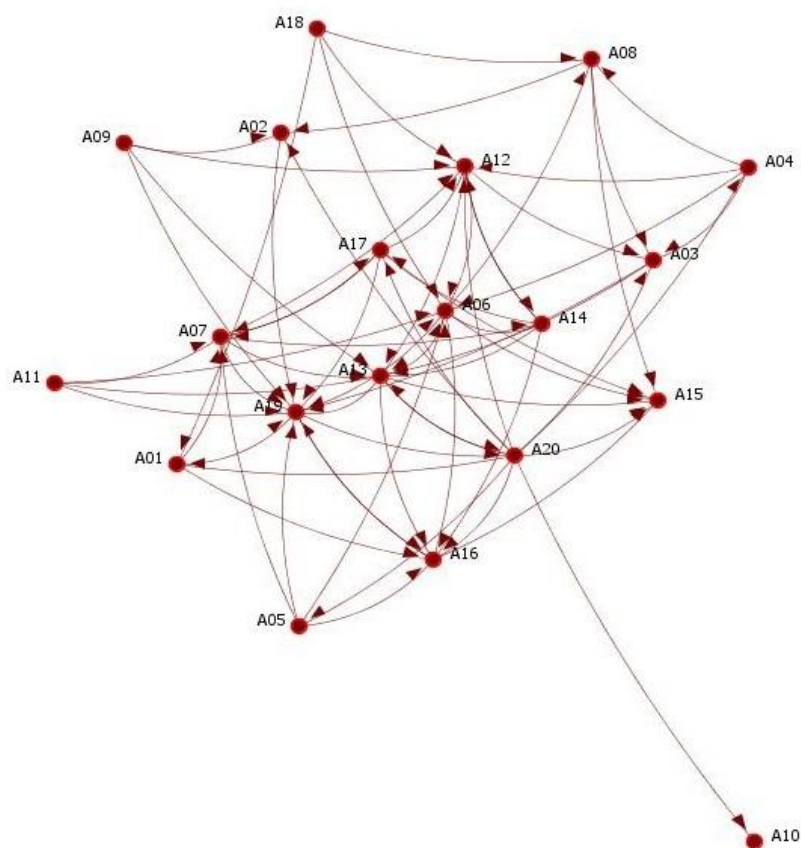


Рис. 8. Социальная сеть по третьему вопросу

На основе построенных сетей в программе ORA проведена кластеризация и вычислен коэффициент модулярности. В настройках предварительно было указано количество групп разбиения: 4 (Analysis/Generate reports/Characterize Groups and Networks/Locate Groups/Newman/Find this many groups: 4).

5.3. РЕЗУЛЬТАТЫ

Вопрос №1: «С кем из группы вы общаетесь больше всего?»

Коэффициент модулярности: 0,303

Таблица 1. Мини-группы по первому вопросу

Группа	Размер	Участники
1	7	A01, A02, A03, A09, A10, A11, A20
2	5	A04, A05, A07, A12, A17

3	6	A06, A08, A13, A14, A15, A16
4	2	A18, A19

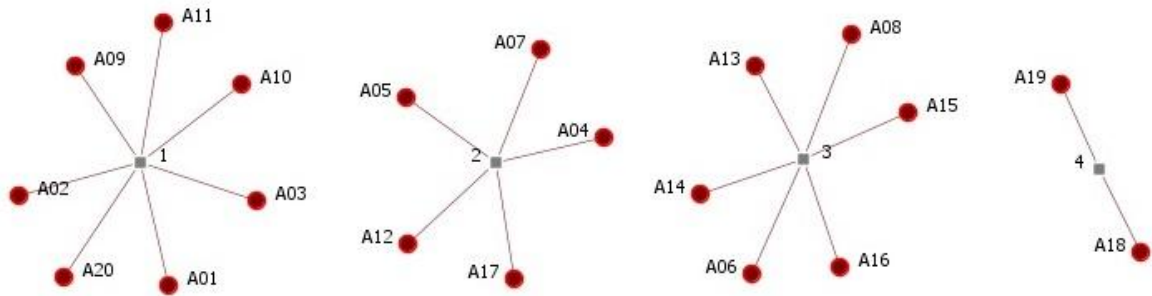


Рис. 9. Мини-группы по первому вопросу

Вопрос №2: «К кому из группы вы обычно обращаетесь за информацией, связанной с учебной?»

Коэффициент модулярности: 0,266

Таблица 2. Мини-группы по второму вопросу

Группа	Размер	Участники
1	4	A01, A02, A03, A20
2	3	A04, A09, A18
3	8	A05, A07, A08, A10, A11, A12, A17, A19
4	5	A06, A13, A14, A15, A16

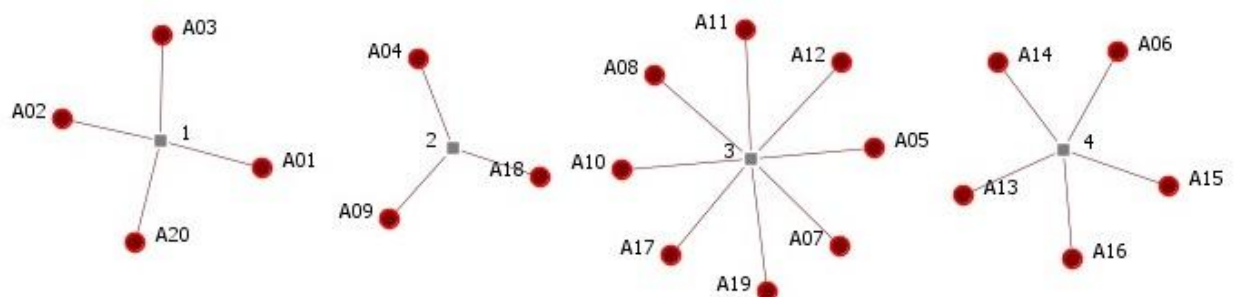


Рис. 10. Мини-группы по второму вопросу

Вопрос №3: «Вы бы учились лучше, если бы смогли больше общаться с этими людьми из группы: ...»

Коэффициент модулярности: 0,148

Таблица 3. Мини-группы по третьему вопросу

Группа	Размер	Участники
1	7	A01, A03, A04, A08, A10, A18, A20
2	3	A02, A09, A19
3	4	A05, A06, A15, A16
4	6	A07, A11, A12, A13, A14, A17

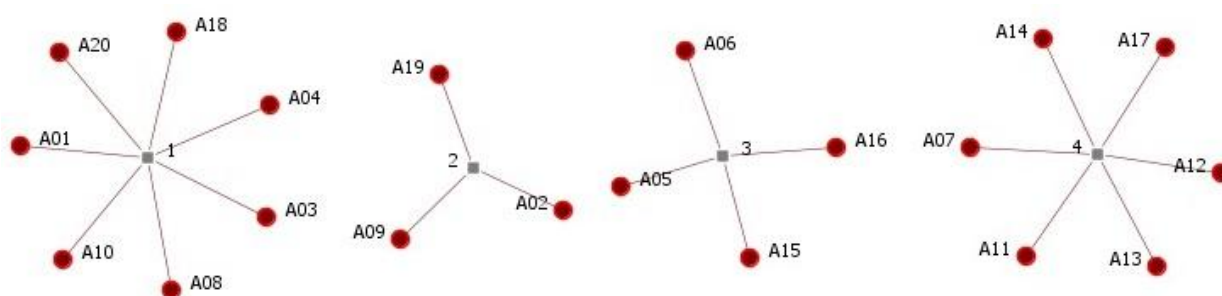


Рис. 11. Мини-группы по третьему вопросу

Так как критерием для выбора кластеризации в алгоритме Ньюмана является коэффициент модулярности, то выбираем разбиение на группы по вопросу №1, где модулярность максимальная из трех.

В результате кластеризации из имеющейся группы размером 20 студентов были получены четыре новые мини-группы в составе 7, 5, 6 и 2 человека соответственно (таблица 1). Размер кластеров, полученных по алгоритму Ньюмана, не соответствует заданной численности новых групп — 5 человек. В связи с этим возникает необходимость дополнительно перераспределить студентов. Итоговая численность мини-групп была вручную выровнена с учетом данных о межличностном взаимодействии, полученных с

помощью вопроса №1. Для этого были рассмотрены связи студентов из групп №1 и №3 (превышение на 2 и 1 человека соответственно), со студентами группы №4 (недостаток трех человек). Задача состояла в том, чтобы перевести из групп №1 и №3 тех студентов, которые имеют больше всего внешних связей со студентами группы №4. В итоге в группу №4 были перемещены студенты A09 и A11 из группы №1, имеющие связи с ее участниками A18 и A19, соответственно, а также студент A08 из группы №3, имеющий связь с ее участником A19. Итоговые размеры групп по результатам анализа соответствуют заданным условиям (5 студентов). Состав групп представлен в таблице 4 и на рис. 12.

Таблица 4. Итоговые мини-группы

Группа	Размер	Участники
1	5	A01, A02, A03, A10, A20
2	5	A04, A05, A07, A12, A17
3	5	A06, A13, A14, A15, A16
4	5	A08, A09, A11, A18, A19

По формуле (3) рассчитан коэффициент модулярности итоговой кластеризации. Его значение равно $Q=0,284$, коэффициент снизился на 0,019 по сравнению с начальным значением по первому вопросу, однако, оно все еще выше, чем модулярность по второму и третьему вопросу. Поэтому проведенную в соответствии с требованиями задачи догруппировку можно считать успешной.

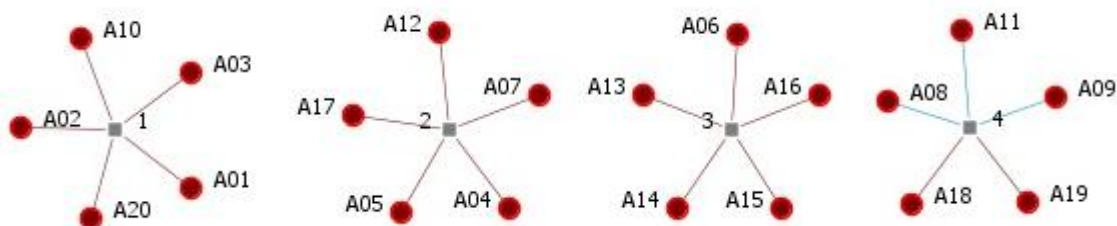


Рис. 12. Итоговые мини-группы

На рис. 13 с помощью размера вершин графа обозначена значимость (количество номинирований) всех участников анкетирования, а с помощью цвета – принадлежность к группе.

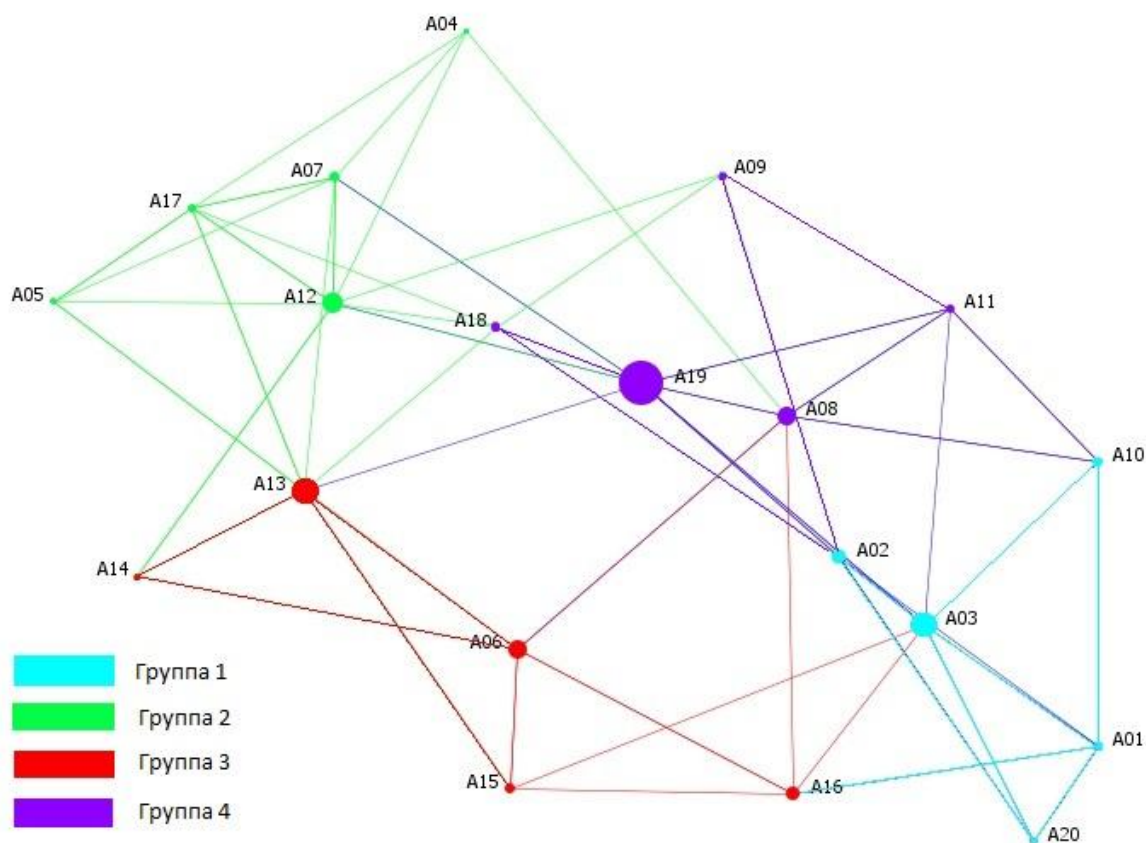


Рис. 13. Граф итогового разделения групп, цвет соответствует номеру группы, размер вершин – количеству номинирований

Если выбрать в каждой мини-группе участника, имеющего наибольшую значимость (количество номинирований) в группе в целом, то в группе 1 это участник А03, в группе 2 – участник А12, в группе 3 – участник А13 и в группе 4 – участник А19.

Выделим и рассмотрим графы каждой из мини-групп в отдельности (рис. 14).

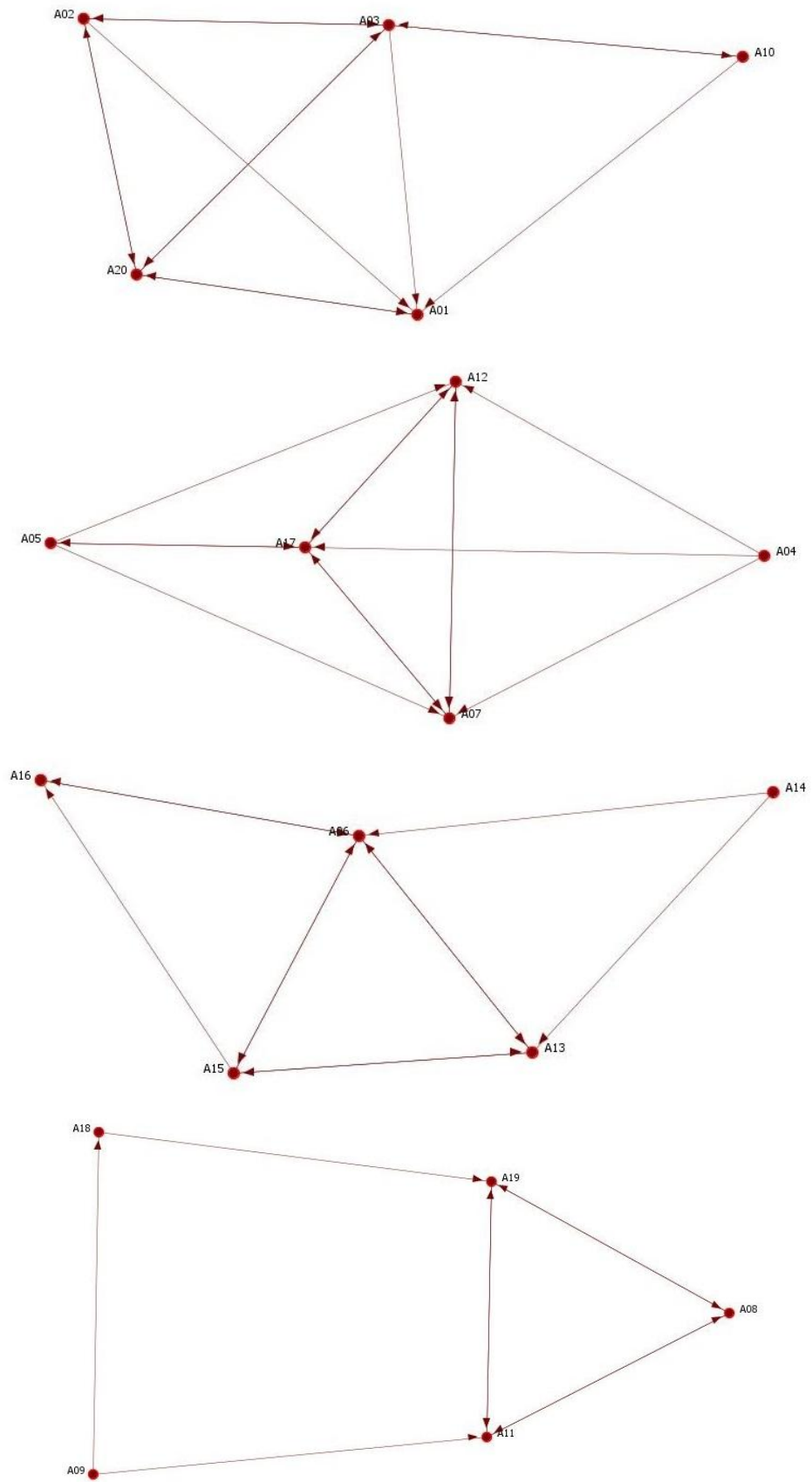


Рис. 14. Графы по мини-группам

В рамках данного исследования нас интересует, можно ли ранжировать полученные мини-группы по уровню сложности задач, которые им можно предложить: от простого до сложного [17]. Чем интенсивнее коммуникация в группе, тем эффективнее решается задача, значит, группе с наиболее интенсивной коммуникацией можно предложить наиболее сложную задачу [12]. Для оценки интенсивности коммуникации в мини-группах мы предлагаем использовать долю взаимных номинаций (reciprocity):

$$r = \frac{L_r}{L}, \quad (4)$$

где L_r - это количество взаимно направленных дуг в ориентированном графе, L - это общее количество дуг в графе. В таблице 5 приведены показатели взаимности для каждого из четырех ориентированных графов (рис. 14). Чем больше эти значения, тем интенсивнее коммуникация в мини-группе и тем более сложную задачу можно ей поручить.

Таблица 5. Взаимность номинаций

№ мини-группы (графа)	1	2	3	4
Взаимность	0,625	0,444	0,571	0,500

Согласно полученным значениям, можно проранжировать мини-группы от самой сложной задачи к самой простой следующим образом: 1-3-4-2. Однако стоит отметить, что разница в значениях показателя взаимности не настолько большая, чтобы различия в сложности задач были значительными.

Статистическое исследование эффективности метода

Для оценки эффекта кластеризации на академическую успеваемость были сформулированы статистические гипотезы, тестирование которых была проведена с использованием критериев Краскела-Уоллиса, Фридмана. В качестве данных для оценки использовались баллы студентов двух контрольных точек: р1 (середина семестра), р2 (конец семестра), табл. 6, рис. 15.

Таблица 6. Данные об успеваемости студентов в контрольных точках

Студент	№ группы	p1	p2 (нараст. итогом)	p2
A01	1	113	286	173
A02	1	145	361	216
A03	1	137	325	188
A04	2	73	73	0
A05	2	131	326	195
A06	3	137	352	215
A07	2	130	339	209
A08	4	45	107	62
A09	4	133	319	186
A10	1	119	325	206
A11	4	115	309	194
A12	2	127	343	216
A13	3	156	363	207
A14	3	141	334	193
A15	3	95	339	244
A16	3	119	347	228
A17	2	121	338	217
A18	4	120	323	203
A19	4	163	367	204
A20	1	134	341	207

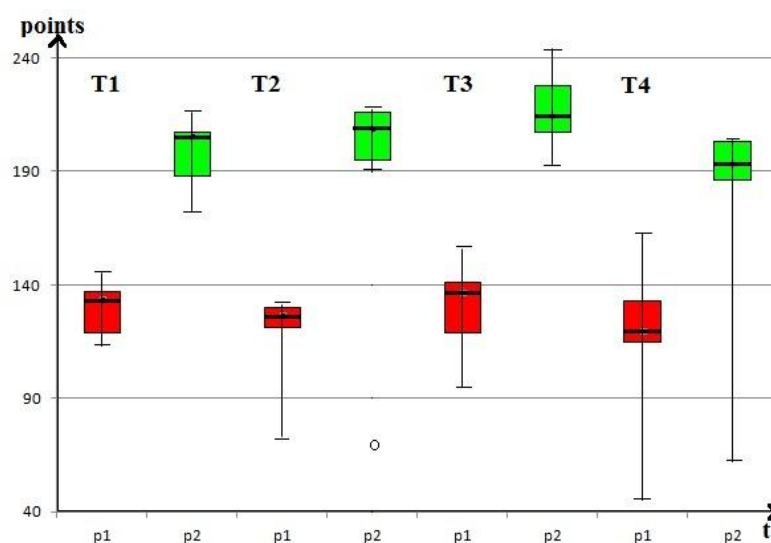


Рис. 15. Распределение баллов в мини-группе в середине (красный цвет) и в конце (зеленый цвет) семестра

Во-первых, необходимо проверить, что ни одна из сформированных мини-групп не доминирует над остальными, т.е. медианные значения академической успеваемости (баллы) на момент формирования мини-групп p_1 являются одинаковыми на всех уровнях фактора (номер мини-группы, T1, T2, T3, T4) Для этого использован непараметрический критерий Краскела-Уоллиса.

Основная гипотеза: H_0 : медианы во всех группах одинаковы.

Альтернативная гипотеза: H_1 : медианы отличаются.

Проверяется гипотеза на уровне значимости $\alpha=0,05$. Баллы студентов в момент p_1 должны быть отсортированы по возрастанию с сохранением номера группы (табл. 7). Каждому значению присваивается порядковый номер в качестве ранга. Если значения баллов совпадают, то в качестве рангов им присваивается среднее арифметическое их порядковых номеров.

Таблица 7. Баллы в момент p_1 и их ранги

Группа	Баллы (по возрастанию)	Ранг	Ранг (кор.)
4	45	1	1
2	73	2	2
3	95	3	3
1	113	4	4
4	115	5	5
1	119	6	6,5
3	119	7	6,5
4	120	8	8
2	121	9	9
2	127	10	10
2	130	11	11
2	131	12	12
4	133	13	13
1	134	14	14
1	137	15	15,5
3	137	16	15,5
3	141	17	17
1	145	18	18

3	156	19	19
4	163	20	20

Теперь необходимо подсчитать суммы рангов по группам и необходимые для проверки критерия статистики (табл. 8).

Таблица 8. Суммы рангов по группам

Группа 1		Группа 2		Группа 3		Группа 4	
Баллы	Ранг	Баллы	Ранг	Баллы	Ранг	Баллы	Ранг
113,0	4,0	73,0	2,0	95,0	3,0	45,0	1,0
119,0	6,5	121,0	9,0	119,0	6,5	115,0	5,0
134,0	14,0	127,0	10,0	137,0	15,5	120,0	8,0
137,0	15,5	130,0	11,0	141,0	17,0	133,0	13,0
145,0	18,0	131,0	12,0	156,0	19,0	163,0	20,0
$R_1=$	58,0	$R_2=$	44,0	$R_3=$	61,0	$R_4=$	47,0

Здесь $R_i, i = \overline{1,4}$, - сумма рангов i -й группы. Количество степеней свободы составляет $n - 1 = 3$, где $n = 4$ - количество групп.

В пакете EXCEL вычислим критическое значение статистики $H_{кр}$ по формуле $\text{ХИ2ОБР}(1-\alpha; n - 1)$. Получим $H_{кр} = 7,815$. Статистику H исследуемой выборки вычислим по следующей формуле:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \left(\frac{R_1^2}{k_1} + \dots + \frac{R_n^2}{k_n} \right), \quad (5)$$

где N - общее количество значений выборки, $k_i, i = \overline{1,4}$, - количество значений i -й выборки.

Получим следующее значение статистики $H = 1,171 < 7,815$. Значение p -статистики также найдем в пакете EXCEL по формуле $\text{ХИ2РАСП}(\chi^2; n - 1)$, получим $p = 0,76 > 0,05$. Значит, принимается гипотеза H_0 о том, что медианы во всех группах одинаковы.

Во-вторых, необходимо установить, что разбиение на мини-группы оказало эффект на академическую успеваемость каждого студента. Для этого был использован критерий Фридмана, который позволяет установить,

наблюдается равенство (H_0) или отличие (H_1) в академической успеваемости в середине и в конце семестра.

Основная гипотеза H_0 : распределение баллов одинаково для моментов p1 и p2.

Альтернативная гипотеза H_1 : распределение баллов в момент p1 меньше распределения баллов в момент p2.

Проверяется гипотеза на уровне значимости $\alpha=0,05$. Сначала необходимо проранжировать баллы каждого из студентов по контрольным точкам p1 и p2, а затем вычислить сумму рангов для каждой критической точки (табл. 9).

Таблица 9. Баллы в моменты p1 и p2 и их ранги

Участник	p1	p2	Ранг p1	Ранг p2
A01	113	173	1	2
A02	145	216	1	2
A03	137	188	1	2
A04	73	0	2	1
A05	131	195	1	2
A06	137	215	1	2
A07	130	209	1	2
A08	45	62	1	2
A09	133	186	1	2
A10	119	206	1	2
A11	115	194	1	2
A12	127	216	1	2
A13	156	207	1	2
A14	141	193	1	2
A15	95	244	1	2
A16	119	228	1	2
A17	121	217	1	2
A18	120	203	1	2
A19	163	204	1	2
A20	134	207	1	2
Сумма рангов $R_{ij}, j=1,2$			21	39

Количество степеней свободы $J - 1 = 1$, где $J = 2$ - количество контрольных точек. Для проверки гипотезы были вычислены критическое значение статистики $F_{кр}$, статистика F исследуемой выборки и F -статистика. Расчеты проводились в пакете EXCEL. По формуле $ХИ2ОБР(\alpha; J - 1)$ вычислено $F_{кр} = 3,841$. Затем вычислена искомая статистика F по формуле:

$$F = \frac{12S}{J(J+1)I} \quad (6)$$

где $I = 20$ - количество студентов;

$$S = \sum_{j=1}^J R_{ij}^2 - \frac{1}{J} \left(\sum_{j=1}^J R_{ij} \right)^2 \quad (7)$$

Получено значение $F = 16,2 > 3,841$. Значение p -статистики найдено по формуле $ХИ2РАСП(F; J - 1)$ и равно $p = 5,7 \cdot 10^{-5} > 0,05$. Значит, гипотеза H_0 отклоняется, и принимается гипотеза H_1 о том, что распределение баллов в момент $p1$ меньше распределения баллов в момент $p2$. Это доказывает положительное влияние взаимодействия внутри мини-групп на индивидуальную академическую успеваемость. На рисунке 15 можно увидеть, что медианная успеваемость мини-групп в середине семестра меньше, чем в конце семестра. Иными словами, индивидуальная академическая успеваемость в мини-группах повысилась.

6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

6.1. ПРЕДПРОЕКТНЫЙ АНАЛИЗ

6.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, **сегмент рынка** – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

Потенциальные потребители результатов исследования:

Услуги по формированию проектных команд на основе анализа социальных сетей:

- российские компании;
- иностранные компании;
- российские образовательные учреждения;
- иностранные образовательные учреждения.

Услуги по определению типа проектных команд и уровня сложности задач для них:

- российские компании;
- иностранные компании;
- российские образовательные учреждения;
- иностранные образовательные учреждения.

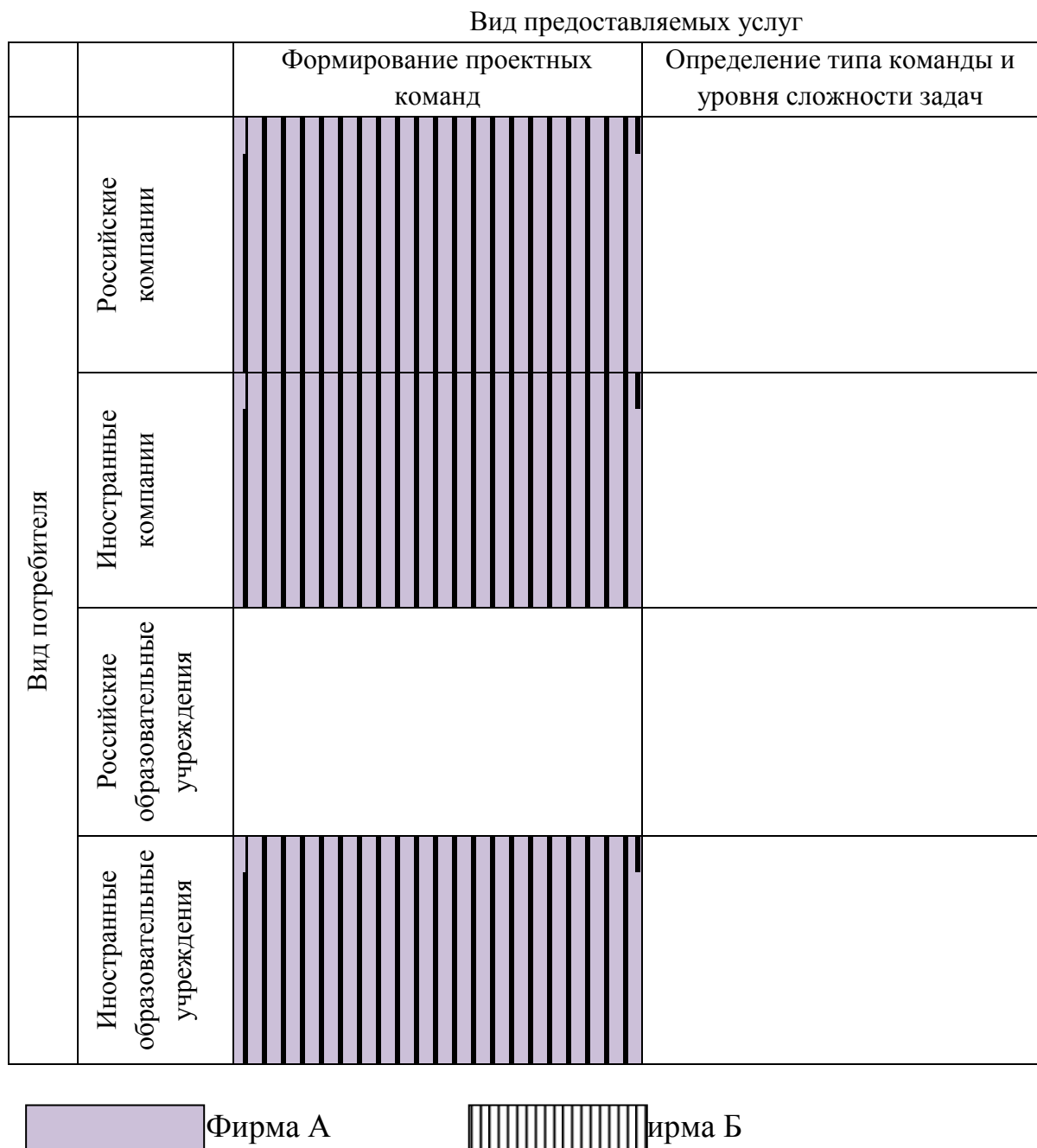


Рис. 16. Карта сегментирования рынка услуг по разработке комплексной математической модели

Продукт: Алгоритм формирования проектных команд на основе анализа социальных сетей.

Целевой рынок: Российские и иностранные организации и образовательные учреждения.

6.1.2. Анализ конкурентных технических решений

Основными конкурентами предложенного продукта – алгоритма формирования проектных команд – являются фирмы, предоставляющие подобные услуги по подбору команд. Например, Центр развития бизнеса A5 и Единый ресурсный центр TeamForge. Однако, стоит отметить, что работа данных организаций в большей степени направлена на лизинг проектных групп, то есть временное привлечение сторонних участников, а это приводит к дополнительным затратам. Помимо этого, они формируют команды только на основе необходимых компетенций, не учитывая социальные связи между участниками этих групп, в отличие от предлагаемого в данной работе продукта. Это дает нашему продукту преимущество, так как недавние исследования показывают, что команды с налаженной социальной коммуникацией лучше решают поставленные задачи.

Ниже представлена оценочная карта для сравнения конкурентных программных разработок (табл. 10):

Таблица 10. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,09	5	4	4	0,45	0,36	0,36
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
3. Помехоустойчивость	-						
4. Энергоэкономичность	-						
5. Надежность	0,09	5	4	4	0,45	0,36	0,36
6. Уровень шума	-						
7. Безопасность	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
8. Потребность в ресурсах памяти	0,08	5	5	5	0,40	0,40	0,40
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	-						
10. Простота эксплуатации	0,08	5	5	4	0,40	0,40	0,32
11. Качество интеллектуального	0,08	5	4	4	0,40	0,32	0,32

интерфейса							
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	-						
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,09	5	4	4	0,45	0,36	0,36
2. Уровень проникновения на рынок	0,08	3	5	5	0,24	0,40	0,40
3. Цена	0,08	5	3	3	0,40	0,24	0,24
4. Предполагаемый срок эксплуатации	-						
5. Послепродажное обслуживание	0,07	5	5	4	0,35	0,35	0,28
6. Финансирование научной разработки	0,06	5	5	5	0,30	0,30	0,30
7. Срок выхода на рынок	0,06	4	5	5	0,24	0,30	0,30
8. Наличие сертификации разработки	-						
Итого	1	62	58	56	4,78	4,42	4,27

6.1.3. SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 11. Матрица SWOT

Внешняя среда	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Применение в любых организациях и коллективах С2. Низкая конкуренция на российском рынке С3. Новизна проекта С4. Простота услуги для клиента	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Неосведомленность российских компаний о такой возможности Сл2. Влияние человеческого фактора при сборе данных для реализации проекта Сл3. Использование только одного алгоритма кластеризации
Внутренняя среда	Возможности: В1. Формирование эффективных проектных команд на основе анализа социальных сетей В2. Оценка эффективности проектных команд и определение уровня сложности задач для них В3. Работа как с российскими, так и с	Алгоритм формирования проектных команд на основе анализа социальных сетей, определение типа команд и уровня сложности задач для них, применимые для российских и иностранных организаций. 1. Повышение уровня узнаваемости услуги в России с помощью продуманной стратегии маркетинга, основанной на преимуществах предложенного алгоритма. 2. Тщательная проверка полученной в процессе сбора данных информации, и, при необходимости,

иностранными организациями В4. Формирование базы лояльных клиентов в силу незанятости ниши в России		повторное проведение сбора данных (опроса). 3. Изучение и внедрение в услугу других алгоритмов кластеризации.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на предлагаемые услуги У2. Снижение эффективности работы проектных команд из-за влияния человеческого фактора при сборе данных У3. Финансовые убытки организаций из-за неэффективной работы проектных команд У4. Появление конкуренции в данном виде услуг	1. Универсальность и новизна услуги предполагает достаточный спрос на нее со стороны различных организаций. 2. Уменьшение влияния человеческого фактора за счет тщательной проверки результатов сбора данных. 3. Потери средств можно избежать при качественном формировании команд, что является целью данной работы. 4. В случае появления конкурентов в качестве преимущества можно рассматривать уже имеющийся опыт в данной работе и сформированную базу клиентов, для сохранения которой необходимо поддерживать высокий уровень сервиса и качества услуг.	Постоянная работа с алгоритмом и его модернизация повышает его эффективность и позволяет достигать достойных результатов при работе с клиентами. За счет этого строится стратегия эффективного продвижения услуги для стимулирования спроса и повышения осведомленности. При появлении конкуренции статус «первопроходцев», накопленный опыт работы и база клиентов позволят сохранять стабильное положение на рынке.

6.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка, полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта.

Таблица 12. Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
-------	--------------	--	---

1	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	5
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	5
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	4
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	1	3
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	4
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	3
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	4
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	3
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	5
15	Проработан механизм реализации научного проекта	4	5
ИТОГО БАЛЛОВ		46	53

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (8)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению, B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{см}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Так, для данного исследования значение $B_{см}$ для готовности проекта к коммерциализации получилось равным 46, следовательно, по этому показателю данный проект имеет перспективность выше среднего, относительно уровня имеющихся знаний – 53 балла – перспективность так же выше среднего.

6.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Для данного проекта возможно два варианта коммерциализации результатов научно-технического исследования:

1. Торговля патентными лицензиями, т.е. передача третьим лицам права использования объектов интеллектуальной собственности на лицензионной основе. При этом в патентном законодательстве выделяющие виды лицензий: исключительные (простые), исключительные, полные лицензии, сублицензии, опционы.
2. Организация собственного предприятия.
3. Организация совместных предприятий, работающих по схеме «российское производство – зарубежное распространение».

Выбранные три варианта обосновываются тем, что представленный в проекте алгоритм формирования проектных команд удобно как продавать сторонним организациям по лицензии для дальнейшей самостоятельной реализации, так и применять непосредственно разработчику для оказания услуг по формированию проектных команд этим организациям. Третий вариант выбран в связи с тем, что универсальность алгоритма позволяет работать как с российскими, так и с иностранными организациями.

6.1.6. Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

Устав научного проекта магистерской работы имеет следующую структуру:

1. Цели и результат проекта. В данном разделе необходимо привести информацию о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Под заинтересованными сторонами проекта понимаются лица или организации, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе исполнения или в результате завершения проекта. Это могут быть заказчики, спонсоры, общественность и т.п. Информацию по заинтересованным сторонам проекта представить в табл. 13.

Таблица 13. Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Российские и иностранные организации	Сформировать на основе имеющегося коллектива эффективные проектные команды
Компании, предлагающие услуги по формированию проектных команд	Получить в пользование новый алгоритм формирования проектных команд для реализации услуги

В табл. 14 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 14. Цели и результат проекта

Цели проекта:	1. Разработать алгоритм формирования проектных команд на основе анализа социальных сетей; 2. Разработать схему определения типа команд и уровня сложности задач для них.
Ожидаемые результаты проекта:	1. Алгоритм формирования проектных команд на основе анализа социальных сетей; 2. Схема определения типа команд и уровня сложности задач для них.
Критерии приемки результата проекта:	
Требования к результату проекта:	Требование:
	1. Возможность применения алгоритма для любых коллективов;
	2. Доступная для понимания реализация;
	3. Адекватность модели алгоритма;
	4. Минимальные трудозатраты при использовании алгоритма

2. Организационная структура проекта. На данном этапе работы необходимо решить следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте (табл. 15).

Таблица 15. Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.		
				Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Семенов М.Е.	Научный руководитель проекта	1. Обеспечение проекта ресурсами со стороны исполнителя; 2. Руководство и координация работы рабочей группы проекта со стороны исполнителя и контроль выполнения поставленных перед ними задач;	727,65	1200	895,54

			3. Контроль статуса проекта, сроков и бюджета; 4. Регулярный анализ хода выполнения проекта; 5. Обеспечение взаимного соответствия выполняемых работ.			
3	Королева Е.А.	Специалист по проекту	1. Выполнение расчётов по проекту; 2. Выполнение работ по адаптации полученного алгоритма; 3. Подготовка отчетов о текущем статусе проекта.	642,46	1764	758,35
ИТОГО:				1370,11	2964	1653,89

6.2. ПЛАНИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ ПРОЕКТОМ

6.2.1. Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На рис. 17 представлен пример ИСР по проекту разработки программного продукта.



Рис. 17. Пример ИСР

6.2.2. Контрольные события проекта

В рамках данного раздела необходимо определить ключевые события проекта, определить их даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты.

Таблица 16. Контрольные события проекта

Основные этапы	№ раб	Содержание работ
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме
	3	Проведение патентных исследований
	4	Выбор направления исследований
	5	Календарное планирование работ по теме
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований
	7	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов
	10	Определение целесообразности проведения ОКР
<i>Проведение ОКР</i>		
Разработка технической документации и проектирование	11	Выбор и расчет конструкции
	12	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия
Изготовление и испытание макета (опытного образца)	13	Конструирование и изготовление макета (опытного образца)
	14	Лабораторные испытания макета
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	15	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)
	16	Оформление патента

6.2.3. План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта.

Линейный график представляется в виде таблицы (табл. 17).

Таблица 17. Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Обеспечение проекта ресурсами	30	01.09.2015	01.10.2015	Семенов М.Е.
2	Изучение литературы	30	01.09.2015	01.10.2015	Королева Е.А.
3	Проведение экспериментальных опытно-вычислительных исследований	120	01.10.2015	31.01.2016	Королева Е.А.
4	Непосредственное построение алгоритма	60	01.02.2016	31.03.2016	Королева Е.А.
5	Программная реализация алгоритма	30	01.04.2016	01.05.2016	Семенов М.Е. Королева Е.А.
6	Проверка эффективности алгоритма	2	01.05.2016	03.05.2016	Семенов М.Е. Королева Е.А.
7	Подготовка алгоритма к коммерциализации	60	05.05.2016	05.07.2016	Семенов М.Е. Королева Е.А.
И т о г о:		332			

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Диаграмма Ганта представлена в виде таблицы 18.

Таблица 18. Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T _{кi} , кал. дн.	2015				2016								
				9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7		
1	Обеспечение проекта ресурсами	Семенов М.Е.	30	▨												
2	Изучение литературы	Королева Е.А.	30	▨												
3	Проведение экспериментальных опытно-вычислительных исследований	Королева Е.А.	120		▨	▨	▨	▨	▨							
4	Непосредственное построение алгоритма	Королева Е.А.	60						▨	▨						
5	Программная реализация алгоритма	Семенов М.Е. Королева Е.А.	30									▨				
6	Проверка эффективности алгоритма	Семенов М.Е. Королева Е.А.	2										▨			
7	Подготовка алгоритма к коммерциализации	Семенов М.Е. Королева Е.А.	60											▨	▨	▨



Научный руководитель



Студент

6.2.4. Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. Планируемые затраты представлены в таблице 19.

Таблица 19. Группировка затрат по статьям

Вид работ	Статьи										
	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата			Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями	Прочие прямые расходы	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3				Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Обеспечение проекта ресурсами со стороны исполнителя	-	60000	545467,31	909100	677279,5	-	-	-	831834,87	2187409	965010,7
2. Выполнение технологических расчётов по проекту	-		226367,56	1218309	227731,2	-	-	-			

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стенов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

Таблица 20. Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.
1.	Персональный компьютер	2	30	60

Основная заработная плата

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (9)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата; $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (10)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника; T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.; $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (11)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-

дневная неделя; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл. 21).

Таблица 21. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель проекта	Эксперт проекта	Специалист по проекту
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	118	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	42	42	42
Действительный годовой фонд рабочего времени	205	205	205

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (12)$$

где Z_{tc} – базовый оклад, руб.; $k_{пр}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда); k_d – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда); k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 22.

Таблица 22. Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Z_{tc} , руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.			$Z_{осн}$, руб.		
							Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Научный руководитель проекта	40000,00	0,6	0,0	1,3	83200	4545,5	120	200	149	545467,3	909100	677279,5
Студент	6000,00	0,6	0,0	1,3	12480	681,83	332	1789	334	226367,5	1218309	227731,2

Таблица 23. Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата		Научный руководитель проекта	Специалист по проекту
Основная зарплата	Исп.1	545467,31	226367,56
	Исп.2	909100	1218309
	Исп.3	677279,5	227731,2
Итого по статье С_{зп}			
Исполнение 1		Исполнение 2	Исполнение 3
771834,87		2127409	905010,7

6.2.5. Оценка сравнительной эффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (13)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ - интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (14)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки; a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b_i^a , b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания; n – число параметров сравнения.

Таблица 24. Сравнительная оценка характеристик вариантов
исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	4	4
3. Помехоустойчивость	0,15	4	4	4
4. Энергосбережение	0,2	5	3	4
5. Надежность	0,25	4	4	4
6. Материалоемкость	0,15	5	3	4
ИТОГО	1	4,6	3,65	4,0

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{финр}^p$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}. \quad (15)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a}. \quad (16)$$

Таблица 25. Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исполнение 1	Исполнение 2	Исполнение 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,38	1	0,44
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	3,65	4,0
3	Интегральный показатель эффективности	12,11	3,65	9,09
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения		3,32	1,33

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило определить, что существующий вариант решения поставленной в бакалаврской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является наиболее приемлемым.

6.3. Вывод

В процессе выполнения части работы по финансовому менеджменту, ресурсоэффективности и ресурсосбережению был проведен тщательный анализ разрабатываемого исследования.

Во-первых, оценен коммерческий потенциал и перспективность проведения исследования. Полученные результаты говорят о потенциале и перспективности на уровне выше среднего.

Во-вторых, проведено планирование НИР, а именно: определена структура и календарный план работы, трудоемкость и бюджет НИИ по трем исполнениям для сравнения. Результаты соответствуют требованиям к ВКР по срокам и иным параметрам.

В-третьих, определена эффективность исследования в разрезах ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности. Полученные результаты и общая сравнительная эффективность позволяют сделать вывод, что выбранное Исполнение 1 является оптимальным с точки зрения использования ресурсов, затрат, бюджета и экономики.

7. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

7.1. ВВЕДЕНИЕ

Данная выпускная квалификационная работа включает в себя алгоритм формирования проектных групп на основе анализа социальных сетей и последующее исследование его эффективности.

Характер работ – вычислительные и аналитические, при помощи ЭВМ. В качестве ЭВМ используется персональный компьютер, а именно ноутбук Sony Vaio. Рабочее место предполагает собой компьютерный стол с установленным на нем и включенным в сеть ноутбуком, а также компьютерное кресло и освещение посредством потолочной и настольной ламп.

Социальная ответственность данной ВКР предполагает разработку комплекса решений для обеспечения безопасности пользователя рабочего места, окружающих его людей и окружающей среды. В первую очередь меры будут направлены на соблюдение безопасности при работе с компьютером и минимизацию его вредного воздействия.

7.2. АНАЛИЗ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием опасных и вредных факторов, которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические, психофизиологические (таб. 26).

Таблица 26. Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	ФАКТОРЫ ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Моделирование на компьютере	Повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне		Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). СП 2.6.1.2523-09.
		Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ.

			Электробезопасность
	Воздействие радиации (ВЧ, УВЧ, СВЧ и т.д.)		СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. «Гигиенические требования к ПЭВМ и организация работы»
		Пожароопасность	НПБ 105–95. Нормы пожарной безопасности. «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности»

На инженера, работа которого связана с моделированием на компьютере, воздействуют следующие вредные факторы:

– физические:

температура и влажность воздуха;

шум;

статическое электричество;

электромагнитное поле низкой частоты;

освещённость;

наличие излучения;

– психофизиологические.

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы, делятся на: физические перегрузки (статические, динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

В качестве опасных факторов рабочего места можно выделить:

1. Электробезопасность;
2. Пожарная и взрывная безопасность.

7.3. ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ УРОВНЕЙ ОПАСНОГО И ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И УСТРАНЕНИЮ ИХ ВЛИЯНИЯ ПРИ РАБОТЕ НА ПЭВМ

7.3.1. Организационные мероприятия

Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте ответственным лицом.

Проверка знаний правил техники безопасности проводится квалификационной комиссией после обучения на рабочем месте. Проверяемому присваивается соответствующая его знаниям и опыту работы квалификационная группа по технике безопасности и выдается специальное удостоверение.

Лица, обслуживающие электроустановки, не должны иметь увечий и болезней, мешающих производственной работе. Состояние здоровья устанавливается медицинским освидетельствованием.

7.3.2. Технические мероприятия

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства, как показано на рис. 18.

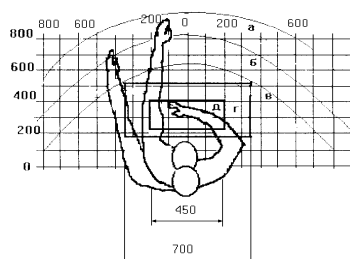


Рисунок 18. Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

- а – зона максимальной досягаемости рук;
- б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке;
- в – зона легкой досягаемости ладони;
- г – оптимальное пространство для грубой ручной работы;
- д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук: дисплей размещается в зоне а (в центре); клавиатура – в зоне г/д; системный блок размещается в зоне б (слева); принтер находится в зоне а (справа); документация в зоне легкой досягаемости ладони – в (слева) – литература и документация, необходимая при работе; в выдвижных ящиках стола – литература, не используемая постоянно.

При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования. Рекомендуемая высота рабочей поверхности стола 680-800 мм. Высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм. Рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и длиной не менее 1400 мм. Должно иметься пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм.

Рабочее кресло должно быть подъёмно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а так же расстоянию спинки до переднего края сиденья. Рекомендуется высота сиденья над уровнем пола 420-550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с заглаблённым передним краем.

Монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии 500-600 мм. Согласно нормам угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45 градусов к нормали экрана. Лучше если угол обзора будет составлять 30 градусов. Кроме того должна быть возможность выбирать уровень контрастности и яркости изображения на экране.

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от 10 до 20 градусов относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края. Нормальным положением клавиатуры является её размещение на уровне локтя оператора с углом наклона к горизонтальной плоскости 15 градусов. Более удобно работать с клавишами, имеющими вогнутую поверхность, четырёхугольную форму с закруглёнными углами. Конструкция клавиши должна обеспечивать оператору ощущение щелчка. Цвет клавиш должен контрастировать с цветом панели.

При однообразной умственной работе, требующей значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, рекомендуется выбирать неяркие, малоконтрастные цветочные оттенки, которые не рассеивают внимание (малонасыщенные оттенки холодного зеленого или голубого цветов). При работе, требующей интенсивной умственной или физической напряженности, рекомендуются оттенки тёплых тонов, которые возбуждают активность человека.

7.3.3. Условия безопасной работы

Основные параметры, характеризующие условия труда это: микроклимат, шум, вибрация, электромагнитное поле, излучение, освещённость.

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата приведены в таблице 27.

Таблица 27. Оптимальные и допустимые параметры микроклимата

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
-------------	-----------------	----------------------------	--------------------------------

Холодный и переходный	23-25	40-60	0,1
Тёплый	23-25	40	0,1

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В помещение должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20 м³ на человека – не менее 30 м³ в час на человека; при объёме помещения более 40 м³ на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

Система отопления должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха должно использоваться водяное отопление. Параметры микроклимата в используемой лаборатории регулируются системой центрального отопления, и имеют следующие значения: влажность - 40%, скорость движения воздуха – 0,1 м/с, температура летом 20-25 °С, зимой – 13-15 °С. В лаборатории осуществляется естественная вентиляция. Воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основным недостатком такой вентиляции в том, что приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания.

Шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека, а именно, на органы слуха и на весь организм через центральную нервную систему. В результате этого ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. Шум может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникать извне. При выполнении работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ.

Экран и системные блоки производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видеокабеля. Согласно нормам, напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна быть:

в диапазоне частот 5Гц-2кГц – 25В/м;

в диапазоне частот 2кГц-400кГц – 2,5В/м.

Плотность магнитного потока должна быть:

в диапазоне частот 5Гц-2кГц – 250нТл;

в диапазоне частот 2кГц-400кГц – 25нТл.

Существуют следующие способы защиты от ЭМП:

– увеличение расстояния от источника (экран должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя);

– применение приэкранных фильтров, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты.

При работе с компьютером источником ионизирующего излучения является дисплей. Под влиянием ионизирующего излучения в организме может происходить нарушение нормальной свертываемости крови, увеличение хрупкости кровеносных сосудов, снижение иммунитета и др. Доза облучения при расстоянии до дисплея 20 см составляет 50 мкбэр/час. По нормам конструкция ЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана не более $7,7 \cdot 10^{-4}$ А/кг, что соответствует эквивалентной дозе, равной 100 мкР/час.

Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света.

7.4. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с

ЭВМ в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%), высокой температуры (более 35°C), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землёй металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования. Оператор ЭВМ работает с электроприборами: компьютером (дисплей, системный блок и т.д.) и периферийными устройствами. Существует опасность электропоражения в следующих случаях:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ЭВМ;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей ЭВМ);
- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развёртки.

Токи статического электричества, наведенные в процессе работы компьютера на корпусах монитора, системного блока и клавиатуры, могут приводить к разрядам при прикосновении к данным элементам.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности электроустановок: отключение напряжения с токоведущих частей, на которых или вблизи которых будет проводиться работа; принятие мер по обеспечению невозможности подачи напряжения к месту работы; вывешивание плакатов, указывающих место работы; заземление корпусов всех установок через нулевой провод; покрытие металлических поверхностей инструментов надёжной изоляцией; недоступность токоведущих частей аппаратуры (заклочение в корпуса электропоражающих элементов, заклочение в корпус токоведущих частей).

Для снижения величин токов статического электричества могут быть использованы нейтрализаторы, местное и общее увлажнение воздуха, использование покрытия полов с антистатической пропиткой.

Действие электрического тока на организм характеризуется основными поражающими факторами:

1. электрическим ударом, возбуждающим мышцы тела, приводящим к судорогам, остановке дыхания и сердца;
2. электрическими ожогами, возникающими в результате выделения тепла при прохождении тока через тело человека. В зависимости от параметров электрической цепи и состояния человека может возникнуть покраснение кожи, ожог с образованием;
3. возникновением пузырей или обугливанием тканей; при расплавлении металла происходит металлизация кожи с проникновением в нее кусочков металла.

Характер и глубина воздействия электрического тока на организм человека зависят от силы и рода тока, времени его действия, пути прохождения через тело человека, физического и психического состояния последнего.

Пороговым (ощутимым) является ток около 1 мА. При большем токе человек начинает ощущать неприятные болезненные сокращения мышц, а при токе 12–15 мА уже не в состоянии управлять своей мышечной системой и не может самостоятельно оторваться от источника тока. Такой ток называется не отпускающим. Действие тока свыше 25 мА на мышечные ткани ведет к параличу дыхательных мышц и остановке дыхания. При дальнейшем увеличении тока может наступить фибрилляция (судорожное сокращение) сердца. Ток 100 мА считают смертельным.

7.5. ПОЖАРНАЯ И ВЗРЫВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

В зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д. Так как помещение по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В, т.е. к помещениям с твердыми сгорающими веществами, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий.

Возможные причины возгорания:

- неисправность токоведущих частей установок;
- работа с открытой электроаппаратурой;
- короткие замыкания в блоке питания;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

К режимным мероприятиям относятся, установление правил организации работ, и соблюдение противопожарных мер. Для предупреждения возникновения пожара от коротких замыканий, перегрузок и т. д. необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- применение при строительстве и отделке зданий негорюемых или трудно сгораемых материалов;
- правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);
- правильное содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения - предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);

- обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;
- издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;
- соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;
- правильное размещение оборудования;
- своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

1. Сообщить руководству (дежурному).
2. Позвонить в соответствующую аварийную службу или МЧС – телефон 112.
3. Принять меры по ликвидации аварии в соответствии с инструкцией.

7.6. Вывод

В разделе «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы «Формирование проектных групп на основе анализа социальных сетей» были рассмотрены следующие вопросы безопасности труда:

- вредные факторы производственной среды;
- опасные факторы производственной среды;

По каждому из приведенных пунктов был проведен анализ, и в случае необходимости был разработан комплекс решений для обеспечения безопасности пользователя рабочего места, окружающих его людей и окружающей среды. Предварительно была изучена законодательно-правовая база охраны труда.

В результате отмечены все факторы производственной среды данной ВКР и соответствующие им превентивные меры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе представлен подход к разделению коллектива на проектные мини-группы с использованием методологии анализа социальных сетей. Достоинством данной методологии является возможность учесть взаимный выбор членов коллектива, за счет чего преодолеваются недостатки административного деления на группы. Однако из-за специфики анкеты и особенностей процедуры проведения опроса невозможно было учесть в полной мере пожелания студентов всей группы.

Проведенный обзор литературы показал, что в мини-группах, полученных с применением методологии сетевого анализа эффективность взаимодействия должна быть выше, чем в мини-группах, полученных стандартными способами. Данное предположение подтверждено нами на иллюстративном примере.

С использованием метода взаимной номинации учебная группа из 20 студентов была разделена на 4 мини-группы по 7, 5, 6 и 2 человека по алгоритму Ньюмана. Коэффициент модулярности данной кластеризации равен 0,303. Затем была проведена перегруппировка мини-групп так, чтобы в итоге в каждой оказалось 5 человек. Значение коэффициента модулярности итоговой кластеризации составило 0,284.

С использованием показателя взаимности проведено ранжирование полученных мини-групп по уровню сложности предлагаемых проектов (от самой сложной к самой простой): группа №1, №3, №4, №2.

Статистически было исследовано, что академическая успеваемость во всех мини-группах на момент их формирования была одинакова. Показано, что взаимодействие внутри мини-групп положительно повлияло на индивидуальную академическую успеваемость студентов.

В дополнение к работе приведен раздел о финансовом менеджменте, ресурсоэффективности и ресурсосбережении, в котором были рассмотрены альтернативные варианты исследования, рассчитаны основные финансовые и

трудо­вые ха­рак­те­ри­сти­ки. В це­лом ра­бо­та бы­ла оце­не­на как пер­спек­тив­ная в от­но­ше­нии фи­нан­со­вой эф­фек­тив­но­сти.

Та­к­же до­ба­в­лен раз­дел о со­ци­аль­ной от­вет­ствен­но­сти, в ко­то­ром бы­ло рас­смот­ре­но по­тен­ци­аль­ное не­га­тив­ное воз­дей­ствие про­ек­та на че­ло­ве­ка и ок­ру­жа­ю­щую сре­ду, а та­к­же ме­ры пре­дот­вра­ще­ния это­го воз­дей­ствия.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. Королева Е.А. Формирование портфеля биржевых инвестиционных фондов по методу Марковица // Перспективы развития фундаментальных наук [Электронный ресурс]: труды XI Международной конференции студентов и молодых учёных. Россия, Томск, 22–25 апреля 2014 г. / под ред. Е.А. Вайтулевич. – Электрон. текст. дан. (36,7 Мб). – Национальный Исследовательский Томский политехнический университет, 2013. – Режим доступа: http://sciencepersp.tpu.ru/Previous%20Materials/Konf_2014.pdf – с. 603–605.

2. Королева Е.А. Формирование портфеля биржевых инвестиционных фондов по методу Марковица // Наука и образование в жизни современного общества [Электронный ресурс]: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. Россия, Тамбов, 30 апреля 2015 г. Том 11. – ООО «Консалтинговая компания Юком», 2015. – Режим доступа: <http://ucom.ru/doc/conf/2015.04.30.11.pdf> - с. 62-64.

3. Королева Е.А. Разбиение социальной группы на проектные мини-группы с помощью социально-сетевого анализа // Современные технологии поддержки принятия решений в экономике [Электронный ресурс]: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Россия, Юрга, 19-20 ноября 2015 г. / под ред. Д.А. Чинахова. – Национальный Исследовательский Томский политехнический университет Юргинский технологический институт, 2015. – Режим доступа: http://uti.tpu.ru/nauchnaya_deyatelnost/konferencii/vnpk_studentov_aspirantov_i_molodyh_uchenyh_sovremennye_tehnologii_podderzhki_prinyatiya_reshenij_v_ekonomike/sbornik_trudov_konferencii_vnpk_sovremennye_tehnologii_podderzhki_prinyatiya_reshenij_v_ekonomike/ - с. 37-39.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

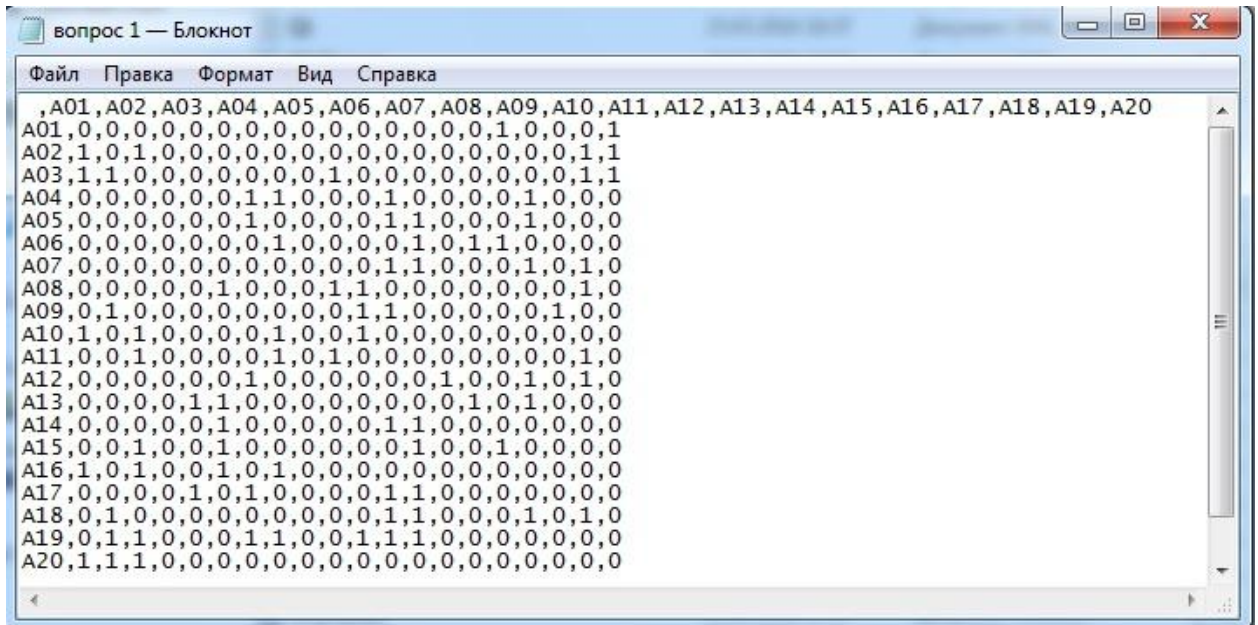
1. Baldwin T. T., Bedell M. D., Johnson J. L. The Social Fabric of a Team-Based MBA Program: Network Effects on Student Satisfaction and Performance // *Academy of Management Journal*. 1997. Vol. 40. № 6. P. 1369–1397.
2. Brandes U., Delling D., Gaertler M., Gorke R., Hoefer M., Nikoloski Z., Wagner D. On Modularity Clustering // *Knowledge and Data Engineering. IEEE Transactions*. 2008. Vol. 20. № 2. P. 172–188.
3. Ertem Z., Veremyev A., Butenko S. Detecting large cohesive subgroups with high clustering coefficients in social networks // *Social Networks* (46). 2016. P. 1–10.
4. Jiang X. L., Cillessen A. H. N. Stability of Continuous Measures of Sociometric Status: A Meta-Analysis // *Developmental Review*. 2005. Vol. 25. № 1. P. 1–25.
5. Girvan M., Newman M. E. J. Community Structure in Social and Biological Networks // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2002. Vol. 99. № 12. P. 7821–7826.
6. Lomi A., Snijders T. A.B., Steglich C.E.G., Torló V. J. Why Are Some More Peer than Others? Evidence from a Longitudinal Study of Social Networks and Individual Academic Performance // *Social Science Research*. 2011. Vol. 40. № 6. P. 1506–1520.
7. Martinez A. Combining Qualitative Evaluation and Social Network Analysis for the Study of Classroom Social Interactions // *Computers & Education*. 2003. Vol. 41. № 4. P. 353–368.
8. Muff S., Rao F., Caflisch A. Local Modularity Measure for Network Clusterizations // *Physical Review*. 2005. Vol. 72. № 5. Article ID 056107.
9. Newman M. E.J. Modularity and Community Structure in Networks // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2006. Vol. 103. № 23. P. 8577–8582.
10. Pijl S.J., Koster M., Hannink A., Stratingh A. Friends in the classroom: a comparison between two methods for the assessment of students' friendship networks // *Soc Psychol Educ* (14). 2011. P. 475–488.

11. Rienties B., Heliot Y.F., Jindal-Snape D. Understanding social learning relations of international students in a large classroom using social network analysis // High Education (66). 2013. P. 489–504.
12. Shah P. P., Dirks K. T., Chervany N. The Multiple Pathways of High Performing Groups: The Interaction of Social Networks and Group Processes // Journal of Organizational Behavior. 2006. Vol. 27. № 3. P. 299–317.
13. Shea G. P., Guzzo R. A. Group Effectiveness — What Really Matters // Sloan Management Review. 1987. Vol. 28. № 3. P. 25–31.
14. Thomas S. L. Ties that Bind: A Social Network Approach to Understanding Student Integration and Persistence // Journal of Higher Education. 2000. Vol. 71. № 5. P. 591–615.
15. Wentzel K. R., Caldwell K. Friendships, Peer Acceptance, and Group Membership: Relations to Academic Achievement in Middle School // Child Development. 1997. Vol. 68. № 6. P. 1198–1210.
16. Yang J., Leskovec J. Defining and evaluating network communities based on ground-truth // Proceedings of the ACM SIGKDD Workshop on Mining Data Semantics - MDS'12. Beijing, China, 12-16 August 2012. 2012.
17. Валева Д. Р., Польдин О. В., Юдкевич М. М. Связи дружбы и помощи при обучении в университете // Вопросы образования. 2013. № 4. С. 70–84.
18. Дистрибутив программы ORA NetScenes // Центр компьютерного анализа социальных и организационных систем [Офиц. сайт]. URL: <http://www.casos.cs.cmu.edu/projects/ora/download.php> (дата обращения: 29.06.2015).
19. Пронин А., Веретенник Е., Семёнов А.: Формирование учебных групп в университете с помощью анализа социальных сетей // Вопросы образования (3). 2014. С. 54-74.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

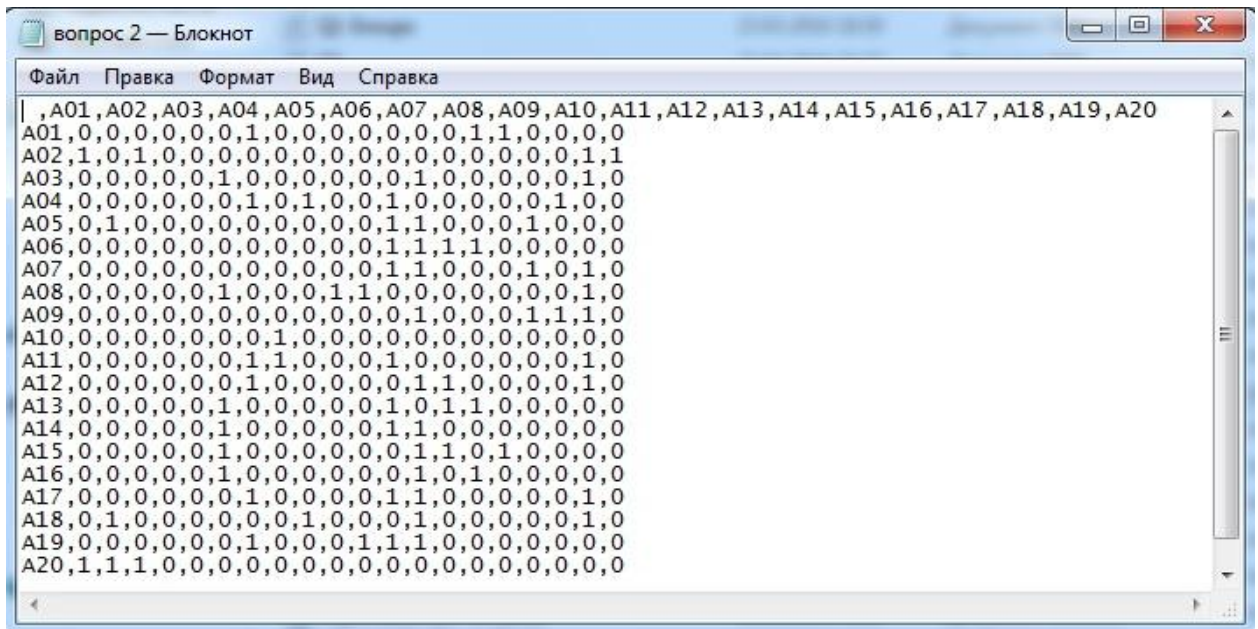
Матрицы инцидентности



вопрос 1 — Блокнот

	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20			
A01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
A02	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
A03	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
A04	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
A05	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A06	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
A07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0
A08	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
A09	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
A10	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A11	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
A12	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1
A13	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
A14	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A15	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A16	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A17	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A18	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0
A19	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A20	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. А.1. Матрица ответов на первый вопрос



вопрос 2 — Блокнот

	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20		
A01	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
A02	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
A03	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
A04	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
A05	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
A06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
A07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0
A08	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
A09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
A10	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A11	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
A12	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
A13	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
A14	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A15	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
A16	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
A17	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
A18	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
A19	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A20	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. А.2. Матрица ответов на второй вопрос

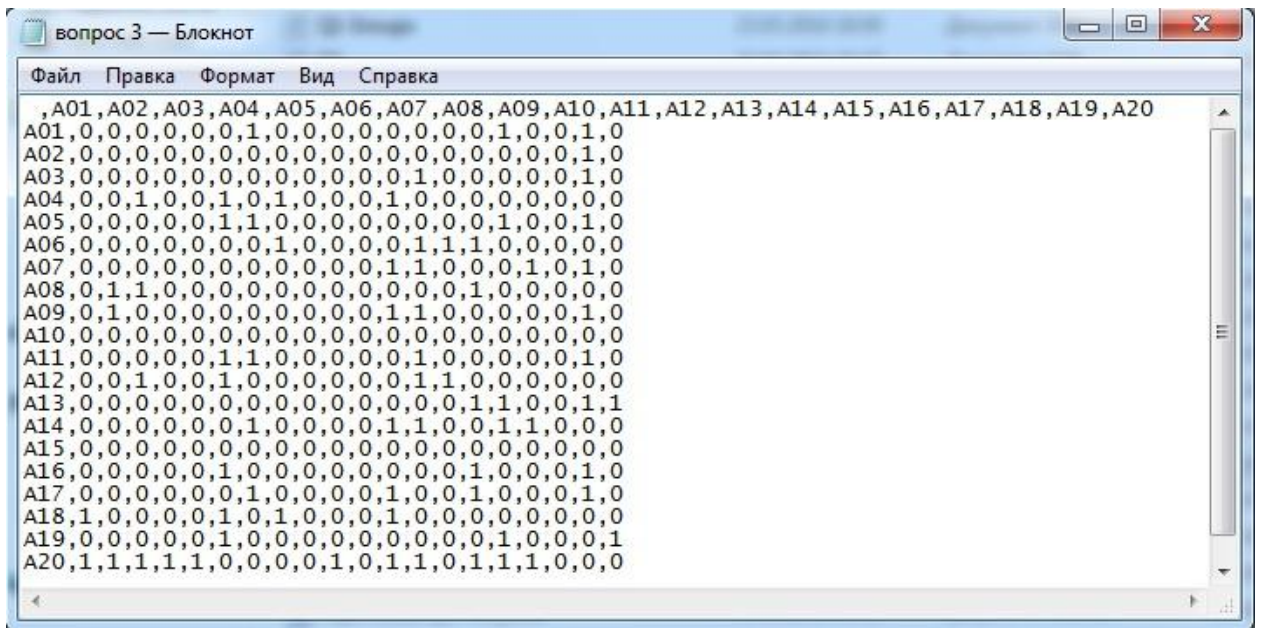


Рис. А.3. Матрица ответов на третий вопрос

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Раздел 5 Практическая часть

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0ВМ41	Королева Елена Александровна		

Консультант кафедры ВММФ :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Семёнов М.Е.	к.ф.-м.н.		

Консультант – лингвист кафедры ИЯФТ :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Демьяненко Н.В.			

PRACTICAL PART

1. INITIAL DATA

The object of the division into mini-groups with equal number of people is a group of first course bachelor students studying major "Applied Mathematics and Computer Science". The group consists of 20 people.

For primary data collection there was used the reciprocal nomination method. The proposed questionnaire includes questions characterizing the different types of relationships (communication, exchange of information, improving academic performance and unproductive cooperation) between the students:

1. With whom do you communicate the most?
2. Who do you usually ask for information related to study?
3. You would study better if you communicated more with these people: ...
4. With whom wouldn't you want to cooperate?

All questions require a choice of four people because there is expected to get four groups of 5 people each. It is worth to notice, that the answers to the fourth question have subsidiary character: if there is a nomination, links in all previous questions are canceled.

Online-survey was made using Google Forms.

2. TASK IMPLEMENTATION

Fig. B.1 shows an algorithm used for mini-groups' formation.

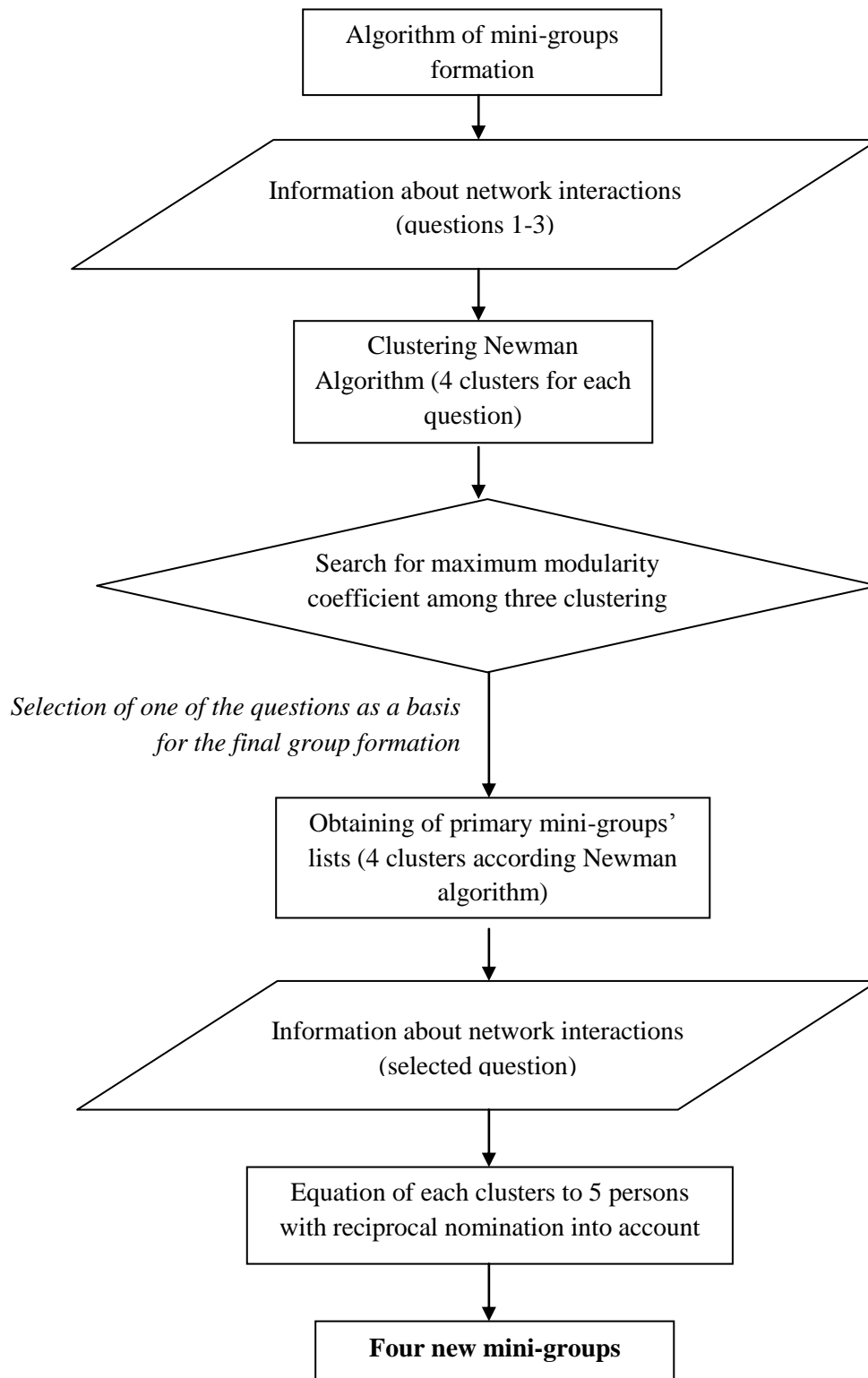


Fig. B.1. Algorithm of mini-groups' formation

This strategy supposes the division of the group into mini-groups (new clusters) on the basis of estimation of internal group interaction (survey). To determine the structure of relations in a community there are many clustering methods with use of

graphs. One of the most universal option is the algorithm of communities' detection designed by M. Girvan and M. Newman.

In general, the algorithm Newman is represented as follows:

1. To calculate the betweenness centrality coefficient for all edges in a graph. Betweenness centrality coefficient of an edge is calculated as a number of shortest paths between all pairs of vertices of a network that pass through it;
2. To remove an edge with the highest intermediate centrality;
3. To calculate the betweenness centrality again for all edges of the graph;
4. Repeat point 2 until you reach the optimal clustering of the graph.

The chosen optimality criterion is the modularity coefficient of the graph. The higher the modularity, the more precisely a level of community clustering is expressed, and, in our case, it is the social interaction in the students group. For the final clustering we have to use one network, so it is necessary to choose the most significant question among three of them. Selection is based on the modularity coefficient obtained by clustering of responses to each question of the survey. In networks with high modularity the number of links between participants of one cluster is significantly more than between participants of different clusters, i.e. obtained clusters are the most pronounced. High modularity in the study group indicates compliance of the basic condition of group formation – the maximum level of cohesion in mini-groups.

The modularity is a scalar value from the interval $[-1, 1]$, which quantitatively describes the structure of the communities:

$$Q = \sum_i (e_{ii} - a_i^2), \quad (1)$$

where e_{ii} - the proportion of edges connecting vertices of i -th graph, $a_i = \sum_j e_{ij}$, e_{ij} - the proportion of edges connecting vertices of i -th graph with vertices of j -th graph. Proportion is calculated as the ratio of a number of designated edges to a total number of edges.

The results of student group survey are presented in the form of four binary square matrix with 20×20 size. The matrix element at the intersection of i -th row and j -th column is equal to 1 if the i -th student chose the j -th student, otherwise - 0. According to survey conditions there should be four “1” numbers in each row.

However, in reality there is a human factor, so it is the situation, when some students chose more or less than four people in questions. In addition, we note that the presence of nomination in question №4 cancels the corresponding elements in the matrices for questions №1, №2 and №3. The matrices are stored in a format *.csv (text file with comma-delimited values). The first column and row show the conditional names of students: A01, A02, ..., A20 (see Application A).

The resulting matrices are imported into the ORA program. ORA is the network analysis package that allows you to visualize networks, to analyze them using methods of the applied network analysis. The visualization of social relations on the basis of each question can be seen in Figures B2-B4.

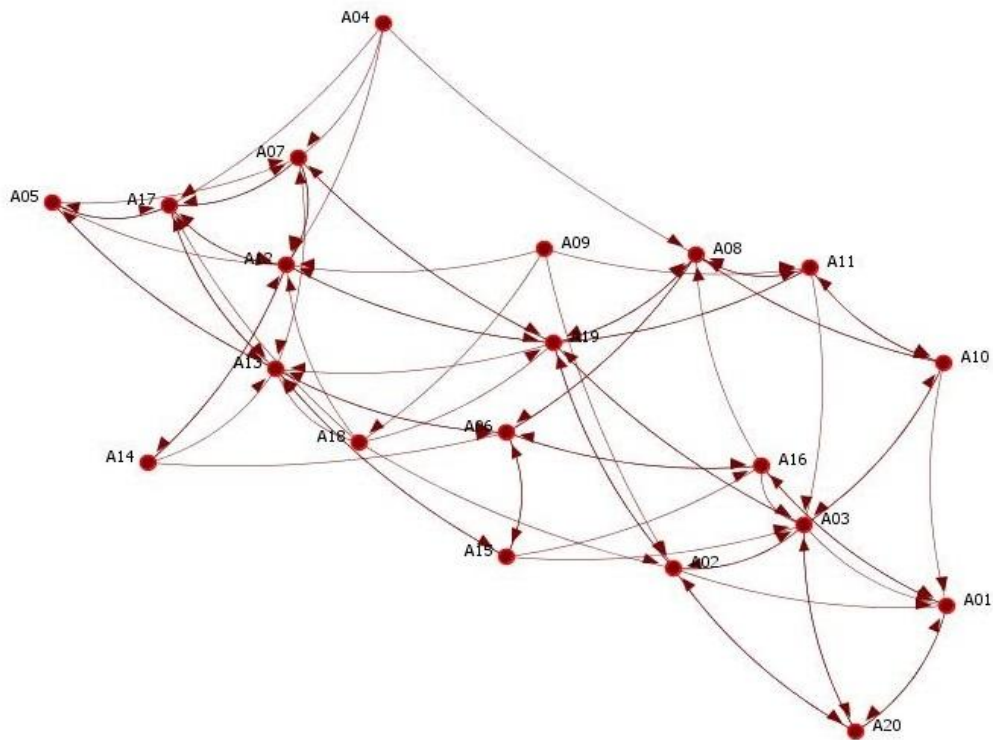


Fig. B.2. Social network of question №1

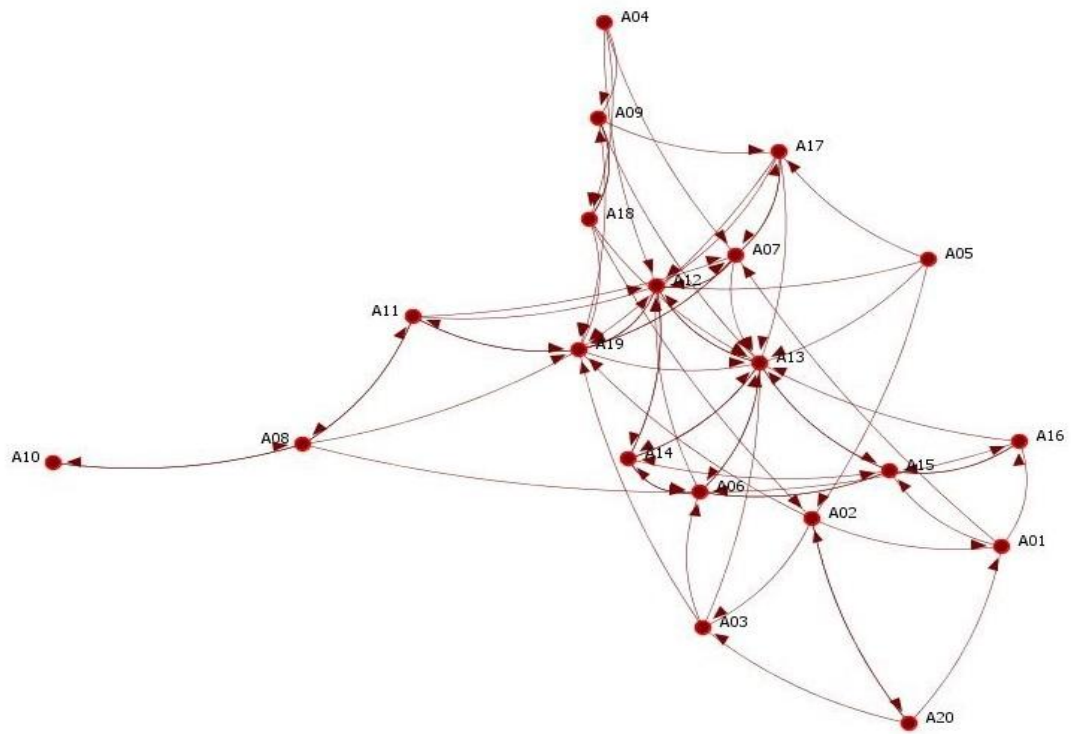


Fig. B.3. Social network of question №2

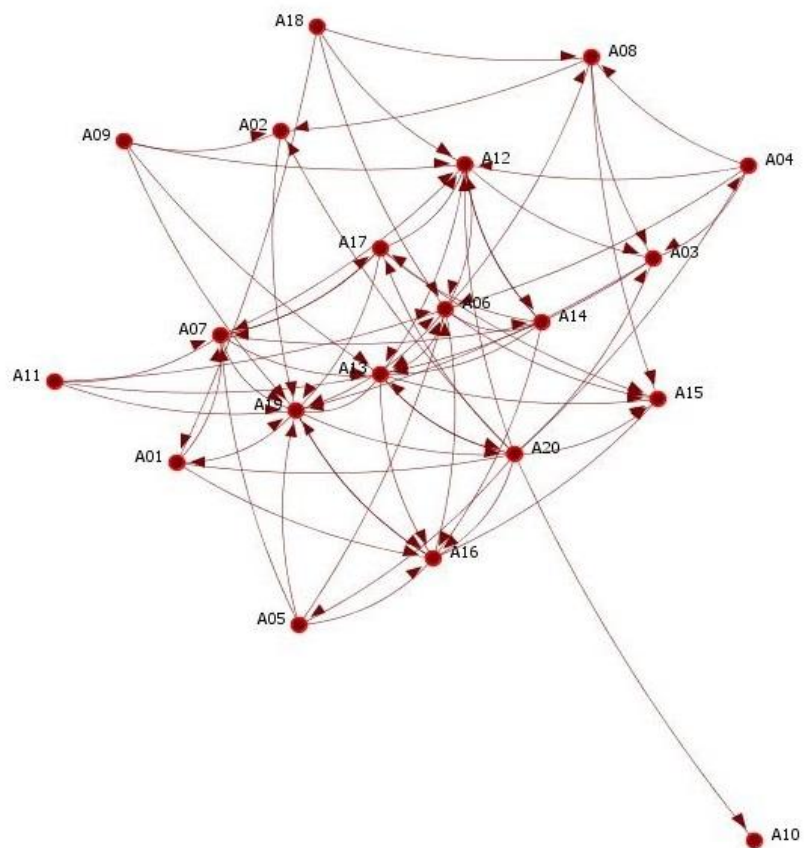


Fig. B.4. Social network of question №3

On the basis of the constructed networks in the ORA program there are conducted the clustering and calculated the modularity coefficient. A number of partition groups were pre-specified in the settings: Analysis/Generate reports/Characterize Groups and Networks/Locate Groups/Newman/Find this many groups: 4.

3. RESULTS

Question №1: «With whom do you communicate the most?»

Modularity coefficient: 0,303

Table B.1. Mini-groups of question №1

Group	Size	Participants
1	7	A01, A02, A03, A09, A10, A11, A20
2	5	A04, A05, A07, A12, A17
3	6	A06, A08, A13, A14, A15, A16
4	2	A18, A19

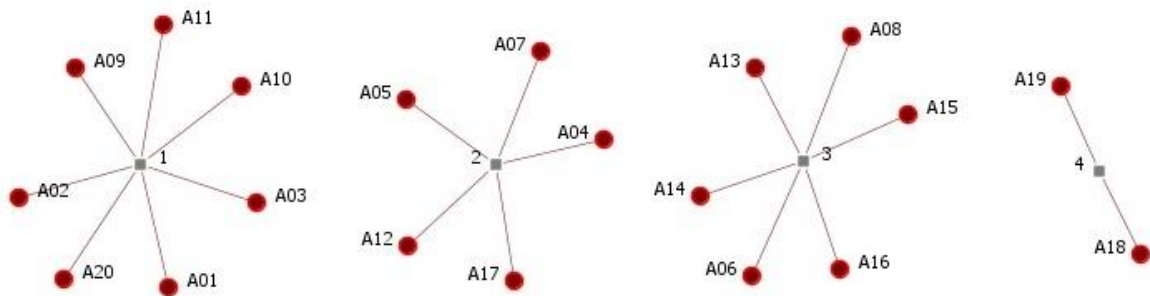


Fig. B.5. Mini-groups of question №1

Question №2: «Who do you usually ask for information related to study?»

Modularity coefficient: 0,266

Table B.2. Mini-groups of question №2

Group	Size	Participants
1	4	A01, A02, A03, A20
2	3	A04, A09, A18
3	8	A05, A07, A08, A10, A11, A12, A17, A19
4	5	A06, A13, A14, A15, A16

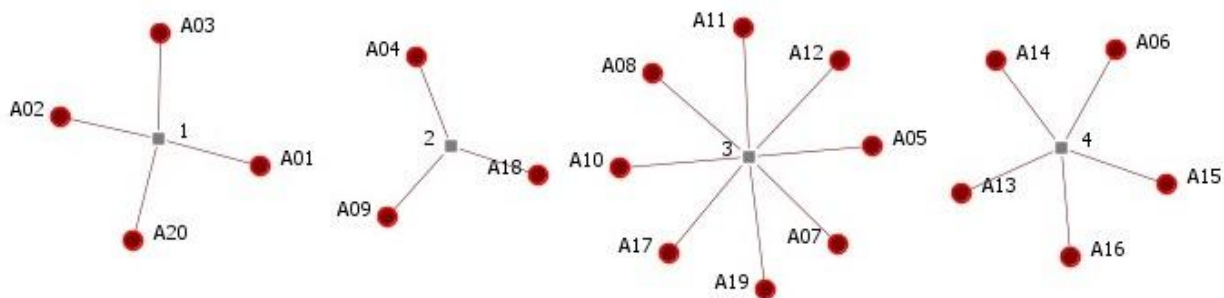


Fig. B.6. Mini-groups of question №2

Question №3: «You would study better if you communicated more with these people: ...»

Modularity coefficient: 0,148

Table B.3. Mini-groups of question №3

Group	Size	Participants
1	7	A01, A03, A04, A08, A10, A18, A20
2	3	A02, A09, A19
3	4	A05, A06, A15, A16
4	6	A07, A11, A12, A13, A14, A17

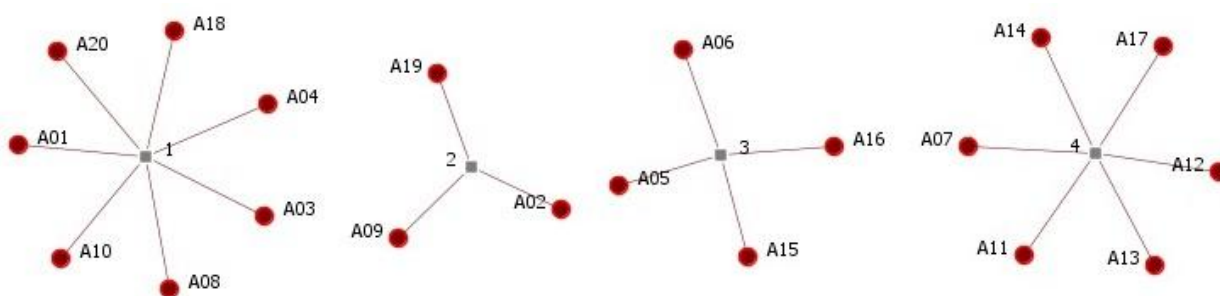


Fig. B.7. Mini-groups of question №3

As the criterion for clustering selection is the modularity coefficient, then we choose the clustering of question №1, where the modularity is maximum out of all three questions.

As a result of the clustering, there are obtained four mini-groups of 7, 5, 6 and 2 people, respectively (Table B.1) from student group of 20 people. The sizes

of clusters, which are produced by the Newman algorithm, don't correspond to the set number of 5 people. Thereby, we need to reallocate some students additionally. The final size of mini-groups is analytically aligned on the basis of interpersonal interaction data obtained through the question №1. For this, there were considered the links of students from groups №1 and №3 (excess of 2 person and 1 person, respectively), with students of group №4 (lack of 3 people). The challenge was to move from the groups №1 and №3 those students who have the most external relations with the students of group №4. As a result, there were moved students A09 and A11 from the group №1 and student A08 from the group №3 to group №4. The final sizes of the groups based on the results of analysis correspond to the given condition (5 people). Groups are listed in Table B.4 and Figure B.8.

Table B.4. Final mini-groups

Group	Size	Participants
1	5	A01, A02, A03, A10, A20
2	5	A04, A05, A07, A12, A17
3	5	A06, A13, A14, A15, A16
4	5	A08, A09, A11, A18, A19

According to the formula (1) the modularity coefficient of final clustering is calculated. Its value is equal to $Q = 0,284$, the coefficient decreased by 0,019 in comparison with the initial value of the first question clustering. However, it is still higher than the modularity of the questions №2 and №3. Therefore, reallocation of students, which is carried out in accordance with the requirements of task, can be considered successful.

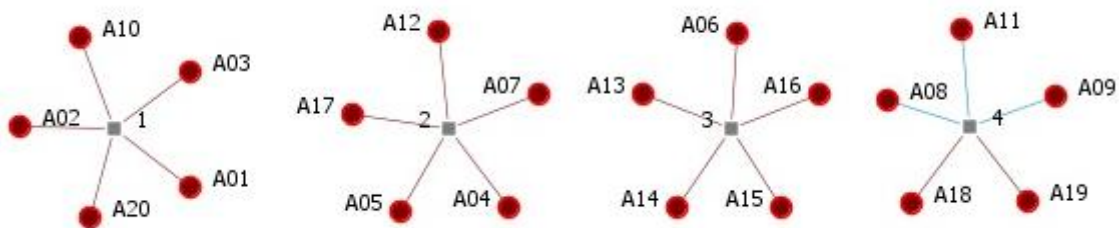


Fig. B.8. Final mini-groups

On the Figure B.9 the significance (number of nominations) of all students is denoted using the size of vertices, and belonging to the group are denoted using different colors.

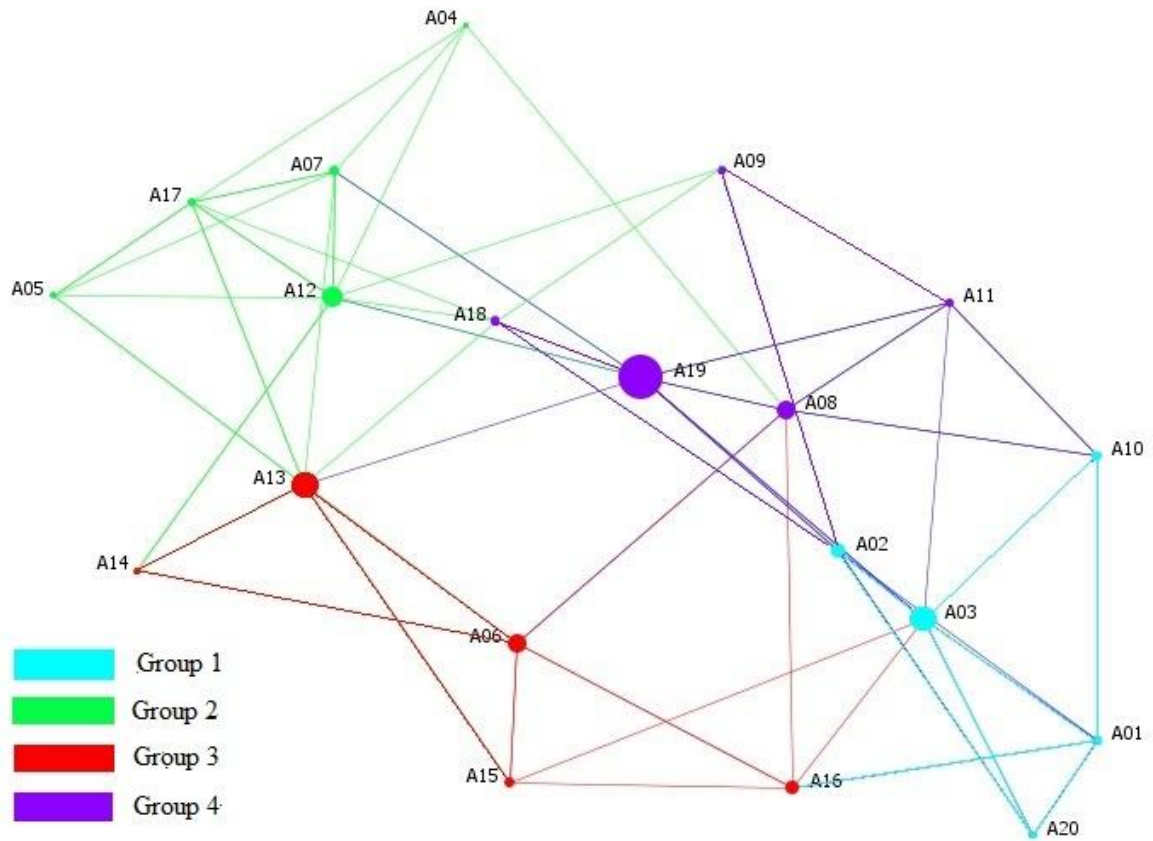


Fig. B.9. Graph of the final group division, the color corresponds to the group number, the size of vertices – to the number of nominations

If we select in each mini-group the participant having the highest significance (the number of nomination) in the whole initial group, it is A03 in the group №1, A12 in the group №2, A13 in the group №3 and A19 in the group №4.

Let us consider graphs of each mini-group separately (Fig. B.10).

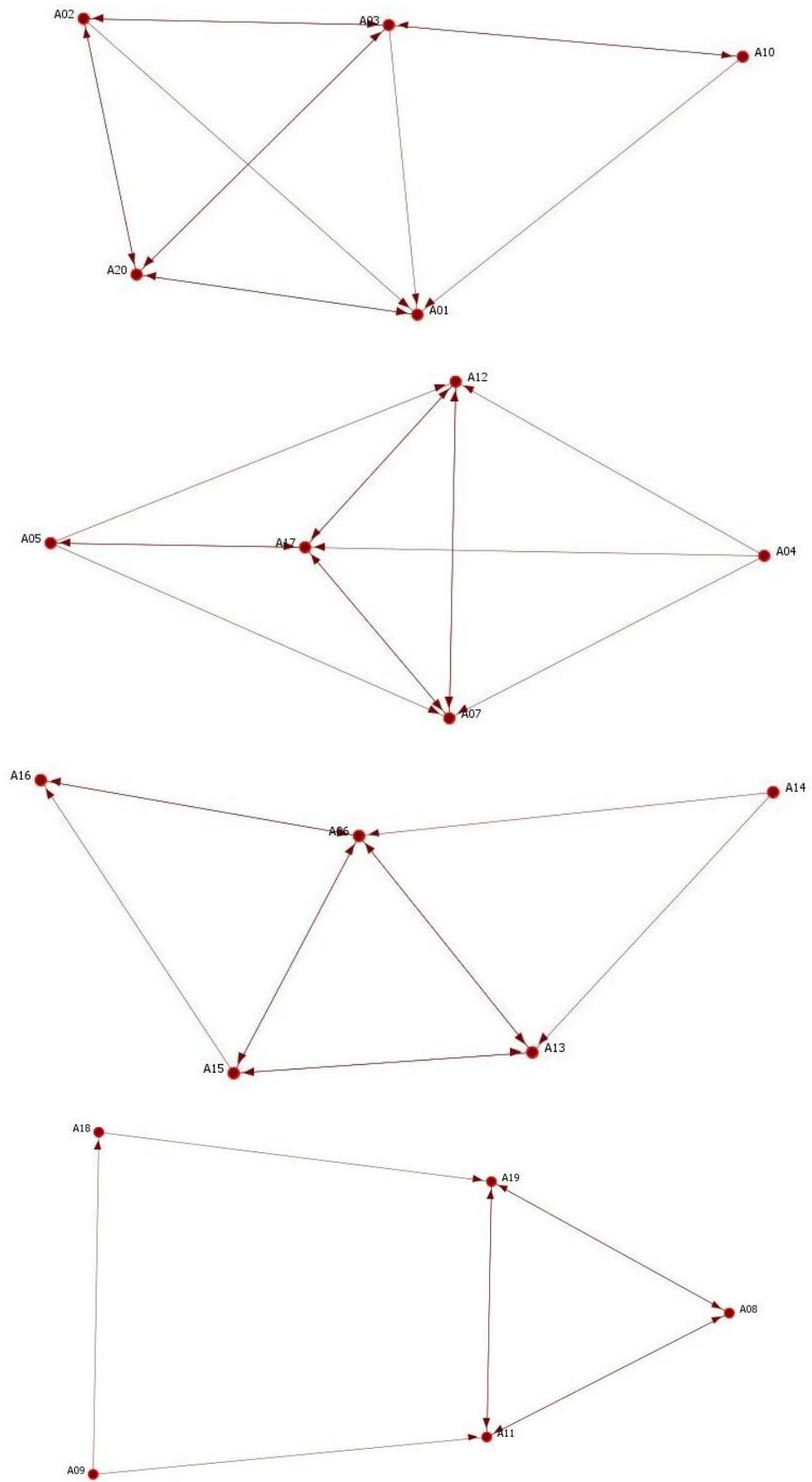


Fig. B.10. Graphs of mini-groups

In this study, we wonder, whether we can rank received mini-groups according to the level of task complexity offered to them, from simple to complex. The more intensive communication in the group, the more effective a task is solved. It means, we can offer the most challenging task to the group with the most intensive communication. To evaluate the intensity of communication in mini-groups, we propose to use a proportion of mutual nominations – reciprocity of graph:

$$r = \frac{L_r}{L}, \quad (2)$$

where L_r - the number of one-directed arcs in a directed graph, L - is the total number of arcs in this graph. Reciprocity values are presented in Table B.5 for each of four directed graphs (Fig. B.10). The higher these numbers, the more intensive communication in a mini-group, and the more difficult task may be given to it.

Table B.5. Reciprocity of graphs

№ of mini-group (graph)	1	2	3	4
Reciprocity	0,625	0,444	0,571	0,500

According to the obtained values, it is possible to rank the mini-groups from the most difficult task to the simplest as follows: 1-3-4-2. However, it is worth to notice that the difference in reciprocity values is not so big to make the complexity of tasks significantly different.