

## ВОЗМОЖНОСТИ СЕТЕВОГО АНАЛИЗА для исследований в образовании

**Константин Михайлович Ушаков,**

*доктор педагогических наук, профессор научно-исследовательского университета Высшей школы экономики*

**Екатерина Николаевна Куксо,**

*аспирантка Института образования НИУ ВШЭ*

В настоящее время один из основных инструментов массового исследования школ — статистический анализ. Хотя это самый распространённый способ, предлагающий широкие аналитические возможности, существуют и иные количественные подходы к изучению школ. Например, сетевой анализ. Рассмотрим перспективы сетевого анализа для исследований в образовании.

- *сетевой анализ* • *методы исследования* • *исследование школ*
- *социальный капитал*

### Различия статистического и сетевого анализа

Разницу статистического и сетевого анализа можно выразить в нескольких положениях:

1) При статистическом анализе данные представлены в виде прямоугольных таблиц, где строки, как правило, отражают индивидов (или события, системы, явления), а ко-

лонки — некоторые их качества. Таким образом, мы сравниваем индивидов или события по присущим им качествам.

При сетевом анализе данные представляют собой *квадратную таблицу (матрицу)*, в которой строки и колонки повторяют друг друга. При этом каждая ячейка таблицы описывает отношения между индивидами (часто для их

Таблица 1

**Пример статистических данных**

	Пол	Возраст	Стаж
Мария	Ж	35	12
Иван	М	43	20
Анна	Ж	26	1
Пётр	М	51	15

обозначения используются слова «узлы», «вершины», «ноды»<sup>1</sup>.

Таблица 2

**Пример сетевых данных**

	Мария	Иван	Анна	Пётр
Мария	–	1	0	1
Иван	1	–	0	1
Анна	0	0	–	0
Пётр	1	1	0	–

2) Сетевой способ представления данных меняет и фокус рассмотрения. Исследователь, занимающийся сетевым анализом, чаще всего рассматривает не столько качества отдельных участников исследования, сколько их положение в общей сети («встроенность»), структуры взаимодействий и особенности самой сети как целого<sup>2</sup>. Таким образом, статистический анализ нацелен на индивидов (или каких-то других цельностей), а сетевой — на отношения внутри сети. Стоит отметить, что в слово «отношения» может закладываться довольно широкий смысл: так, исследователь может изучать разные типы взаимодействий участников об-

<sup>1</sup> Hanneman R., Riddle M. Introduction to Social Network Methods // Network. University of California, 2005. — Vol. 46, — № 7. — P. 5128–5130.

<sup>2</sup> Moody J., White D.R. Structural Cohesion and Embeddedness: A Hierarchical Concept of Social Groups // American Sociological Review, 2003. — Т. 68. — № 1. — С. 103–127.

разовательного процесса (тип личных взаимодействий, частота профессиональных контактов, конфликтность, уровень доверия и многие иные аспекты анализа)<sup>3</sup>.

3) Кроме того, меняются и принципы интерпретации данных. Например, исследователь может заметить, что в некоторой сети практически все респонденты «выбирают» друг друга, что говорит о высокой плотности (density) взаимодействий. Или можно обратить внимание на взаимность (reciprocity) выборов участников исследования.

4) Существуют также различия в определении границ исследования. Как правило, в статистических исследованиях выборка рассчитывается исходя из представлений о генеральной совокупности. При сетевом анализе «границы» более естественны. Например, для изучения взаимодействий директоров в рамках стажировочных площадок можно применить так называемый принцип «снежного кома», когда у одного директора спрашивают о его(её) контактах, а затем опрашивают тех, кого он(-а) указал(-а), то есть объектом анализа выступает вся сеть, а не выборка<sup>4</sup>.

Несмотря на описанные различия, сетевой и статистический анализ не противоречат друг другу. Наоборот, при сетевом анализе используются классические инструменты статистики. Например, исследователь может сравнить респондентов по количеству связей, провести корреляционный анализ, совмещая сетевые данные и известные атрибуты. Кроме строк и колонок, описывающих отношения узлов (нодов) между собой, сетевые матрицы могут содержать данные, показывающие отношения к определённому качеству, не относящемуся к сфере отношений (например, должность, стаж и прочее), что сближает сетевой анализ со статистическим.

<sup>3</sup> Borgatti S.P. и др. Network Analysis in the Social Sciences // Science. 2009. — Т. 323. — № April. — С. 892–896.

<sup>4</sup> Hanneman R., Riddle M. (2005).

При сетевом анализе могут исследоваться различные типы данных:

- бинарные данные (показатели 1 или 0 в зависимости от наличия или отсутствия отношений запрашиваемого типа);
- множественные номинальные данные (например, применяются значения 1, 2 и далее, когда учителя просят указать тип отношений с коллегой: «дружеские», «конфликтные»);
- ранжированные данные (например, когда коллег просят расположить по возрастанию или убыванию их профессионального влияния от 1 до  $x$ );
- порядковые данные (например, нужно оценить отношения как «положительные», «нейтральные» или «отрицательные», которым будут соответствовать значения 1, 0,  $-1$ );
- интервальные данные (например, когда респонденту предлагается оценить, что одни отношения вдвое сильнее других<sup>5</sup>).

Ещё одна из важных характеристик сетей — это направленность. Сети бывают симметричные (ненаправленные) и асимметричные (направленные). В симметричных сетях важна лишь связь между двумя узлами. В асимметричных сетях учитывается также и направленность связи. Это значит, что связь может быть как взаимной, так и односторонней. Например, А может считать В преподавателем, к которому стоит идти на урок, а В может не выбрать А в аналогичном вопросе.

Таким образом, метод сетевого анализа представляет собой проработанный вариативный комплекс инструментов анализа, которые сочетают плюсы матричного математического и статистического анализа данных. Сетевой анализ уже широко используется в области образовательных исследований за рубежом, в российской науке также появляются первые разработки, использующие этот подход.

### Основные понятия сетевого анализа

Сетевые данные позволяют оценить характеристики как всей сети (например, школы), так и конкретных индивидов или групп (например, управленческой команды, учителей математики и т.д.) в рамках сети. На данный момент сло-

<sup>5</sup> Hanneman R., Riddle M. (2005).

жился набор аспектов анализа. Проанализируем наиболее популярные и, на наш взгляд, важные для оценки школ параметры.

### Центральность и сила

*Centrality (центральность)* — это, пожалуй, одно из ключевых и наиболее исследуемых понятий при анализе социальных сетей. Его значимость основывается на положении, что элементы, обладающие большей центральностью в сети, имеют большее влияние, чем те элементы, что находятся на периферии<sup>6</sup>.

Термин был введён в 1948 году группой исследователей под руководством А. Бавеласа<sup>7</sup> и более детально исследовался на протяжении 1950–70-х годов другими учёными<sup>8</sup>, хотя определённые доработки и уточнения вносятся и сейчас. Так, существует более 16 алгоритмов расчёта центральности<sup>9</sup>. Подчёркнём, центральность обозначает влияние одного узла сети на всю сеть. Проблему представляет то, что «влияние» и его типы могут трактоваться по-разному. Например, при ответе на вопрос: «С кем чаще всего у вас возникают конфликты?» — показатель центральности будет иметь совершенно иную смысловую нагрузку, чем при ответе на вопрос: «С кем вы обсуждаете новые методики преподавания?» Также можно говорить о и разных механизмах распространения, например, ценностей, эмоциональной поддержки и сплетен<sup>10</sup>. Поэтому выбор алгоритма центральности определяется ситуацией.

<sup>6</sup> Evere Everett M.G., Borgatti S.P. Induced, endogenous and exogenous centrality // Soc. Networks. 2010. — Т. 32. — № 4. — С. 339–344.

<sup>7</sup> Bavelas A. A mathematical model for group structures // Human Organization. — 1948. — № 7. С. 16–30.

<sup>8</sup> Freeman L. Centrality in social networks conceptual clarification // Soc. Networks. 1979. — Т. 1. — № 1968. — С. 215–239.

<sup>9</sup> Hanneman R, Riddle M. (2005).

<sup>10</sup> Borgatti S.P. Centrality and network flow // Soc. Networks. 2005. — Т. 27. — № 1. — С. 55–71.

*Degree Centrality (центральность по степени)* — это алгоритм расчёта на основе количества связей определённого узла. Например, учитель владеет какой-нибудь педагогической технологией, и к нему обращаются за советом другие учителя, следовательно, он находится в центре сети по обмену опытом — в этой ситуации можно говорить о влиятельности учителя, о его центральности для сети.

Если сеть направленная (асимметричная), то центральность может рассчитываться отдельно для исходящих и входящих связей — *outDegree* и *inDegree* соответственно. Существует ещё несколько алгоритмов, связанных с показателями степени — *Eigenvector centrality*<sup>11</sup>, *Bonacich Power*, *Katz centrality*, *Alpha centrality*. Особенность этих подходов в том, что они вносят дополнения в понимание различной степени важности связей. Например, центральность собственного вектора (*eigenvector centrality*) предполагает, что связь с влиятельными узлами предполагает большее влияние на всю сеть.

*Closeness Centrality (центральность по близости)* — это среднее значение кратчайших расстояний до всех других узлов сети<sup>12</sup>. Например, мы рассматриваем сеть взаимодействия директоров и хотим оценить, насколько легко или сложно одному из них будет повлиять на других участников сети. В таком случае можно оценить его или её позицию в сети и посмотреть, сколько шагов (часто говорят «рукопожатий») нужно сделать, чтобы достичь всех участников сети. Чем проще достичь этой цели, тем влиятельнее директор.

*Betweenness Centrality (центральность по посредничеству)* — это показатель того, сколько кратчайших путей между всеми

участниками сети проходит через определённый узел<sup>13</sup>. Такой тип центральности связан, например, с контролем информации.

Понятие центральности обычно применяется для анализа конкретных узлов в сети. Кроме того, оно применимо для групп (например, характеристики групп может задать исследователь: предметная область, стаж, должность) и для клик (естественно образующиеся группы из трёх и более индивидов, в которой все участники связаны между собой)<sup>14</sup>. В этом случае сопоставляются метрики участников групп или клик с теми, кто находится за их рамками.

Для характеристики организации важно также отметить понятие *централизация сети*. Если максимально обобщать, то централизация сети обозначает, в какой мере сеть доминируется одним узлом<sup>15</sup>. Серия исследований показала взаимосвязь центральности сети с групповой эффективностью в решении задач, восприятием лидерства и личной удовлетворённостью участников сети.

## Структурные дыры и мосты

Понятие центральности долгое время было ключевым для измерения влияния и важности узлов в сети. Совершенно иной методологический подход предложил Роланд Берг. Он предположил, что информация или отношения в рамках сети имеют свойство распространяться внутри гомогенных кластеров. Если существуют несколько кластеров с принципиально разными информационными потоками, то между ними

<sup>11</sup> Bonacich P. Some unique properties of eigenvector centrality // Soc. Networks. 2007. — Т. 29. № 4. — С. 555–564.

<sup>12</sup> Stephenson K., Zelen M. Rethinking centrality: Methods and examples // Soc. Networks. 1989. — Т. 11. — № 1. — С. 1–37.

<sup>13</sup> Freeman L.C. A Set of Measures of Centrality Based on Betweenness // Sociometry. 1977. Т. 40. № 1. — С. 35.

<sup>14</sup> Bellotti E. Brokerage roles between cliques: a secondary clique analysis // Methodol. Innov. Online. 2009. — Т. 4. — С. 53–73.

<sup>15</sup> Batagelj V. Centrality in social networks // Ljubljana: FDV, 1996. 10 с.

могут возникать структурные дыры, или структурные пробелы (*structural holes*). Те узлы или части сетей, которые находятся между двумя кластерами, называются мостами (*bridges*)<sup>16</sup>. По мнению Р. Берта, данная позиция даёт конкурентное преимущество, благодаря доступу к пересекающимся потокам информации. При этом мосты высчитываются не только по показателям сильных связей (то есть когда человек сам в опросе указывает на связь с другим человеком), но и по показателям слабых связей (*weak ties*). М. Грановеттер предположил, что если у индивида есть взаимная связь с двумя другими индивидами, то между последними также существует слабая связь<sup>17</sup>.

Хотя идеи Берта и Грановеттера чаще всего используются в маркетинге для определения конкурентных преимуществ, они также применимы для анализа качества социальных сетей. Связи между кластерами интерпретируются как положительный показатель сети. Например, если учителя обмениваются опытом не только в рамках ограниченных предметных сфер, но и вне кластеров, это может интерпретироваться как преимущество школы.

### Общие характеристики сети

Исследователя в образовании могут интересоваться не только показатели конкретных участников, но и качество сетей в целом. Хотя в рамках сетевого анализа есть несколько десятков метрик, в социальных науках и педагогике принято обращать особое внимание на несколько основных:

*Плотность (Density)* — это соотношение прямых связей в сети к общему возможному количеству связей<sup>18</sup>. Проблема этого показателя заключается в том, что нет стандартизированных критериев низкой и высокой плотности сети, поэтому он может оцениваться только на основе сравнения с некоторым средним.

<sup>16</sup> Burt, Ronald S. The network structure of social capital // Research in Organizational Behavior, 2000. — № 22. — С. 345–423.

<sup>17</sup> Granovetter M. The strength of weak ties // American Journal of Sociology. 1973. — Т. 78. — № 6. — С. 1360–1380.

<sup>18</sup> Scott J., Carrington P. J. The SAGE Handbook of Social Network Analysis // SAGE Publications, 2011. — С. 346–347.

*Коэффициент кластеризации (Cluster coefficient)* — это альтернативный показатель для измерения качества связей, который не связан так сильно с размерами сети, как плотность. Коэффициент кластеризации — это мера вероятности, с которой узлы сети имеют свойство создавать отношения друг с другом. Когда коэффициент кластеризации высокий — это означает, что граф чрезвычайно плотно сгруппирован вокруг нескольких узлов; когда он низкий — это значит, что связи в графе относительно равномерно распространены среди всех узлов<sup>19</sup>.

*Взаимность (Reciprocity)* — это степень, с которой двое участников сети отвечают друг другу взаимностью в сфере типа взаимодействий<sup>20</sup>. Показатель взаимности рассчитывается исходя из общего количества связей. Например, в школьном контексте можно говорить, что показатель взаимности важен для эмоциональной поддержки или профессионального обмена.

*Симмелианские связи (Simmelian ties)* — это термин, который был введён социологом Г. Зиммелем и развит Д. Крэкхардом в сетевом подходе<sup>21</sup>. Под симмелианскими связями понимается взаимная связь трёх людей между собой. Социологи приходят к выводу, что есть существенные различия между взаимными взаимодействиями двух людей (диады) и взаимодействиями трёх людей (триады). Триады значительно устойчивее, например, в случае возникновения конфликта в триаде, во-первых, всегда есть большинство, а во-вторых, третья сила всегда способствует решению конфликта. Три человека и более

<sup>19</sup> Там же.

<sup>20</sup> Kadushin C. Understanding social networks: Theories, concepts, and findings // New York. Oxford University Press, 2012. 252 с.

<sup>21</sup> Krackhardt D. The ties that torture: Simmelian tie analysis in organizations // Research in the Sociology of Organizations, Volume 16., 1999. — С. 183–210.

способствуют возникновению групповых норм. Это важное допущение, например, при анализе ценностей и организационной культуры школы.

*Гомофилия (Homophily)* — это вероятность соединения узлов, обладающих схожими характеристиками (пол, возраст, статус, предметная сфера). Например, этот параметр важен, если исследователь задаёт вопрос типа: учителя математики склонны обсуждать профессиональные проблемы с другими учителями математики или с опытными коллегами вне зависимости от предметной сферы<sup>22</sup>.

*Ассортативность (Assortativity)* — это метрика, схожая с предыдущей. Она показывает, свяжутся ли индивиды с подобными себе, непохожими или идентичными индивидами<sup>23</sup>.

*Связность сети (Connectedness)* показывает, насколько все узлы сети связаны между собой<sup>24</sup>. Например, когда возникают изолированные участники или группы, это негативно сказывается на взаимодействиях в коллективе. Тем не менее, проведённое нами исследование показало, что **сети профессиональных взаимодействий в большинстве школ имеют крайне низкий показатель связности, что позволяет говорить о профессиональном одиночестве учителей.**

Описание более продвинутых метрик не включено в обзор, однако исследователь может ознакомиться с ними в таких изданиях, как *The SAGE Handbook of Social*

<sup>22</sup> McPherson M., Smith-Lovin L., Cook J.M. Birds of a Feather: Homophily in Social Networks // *Annu. Rev. Sociol.* 2001. Т. 27. № 1. — С. 415–444.

<sup>23</sup> Newman M.E.J. Mixing patterns in networks. // *Phys. Rev. E. Stat. Nonlin. Soft Matter Phys.* 2003. Т. 67. № 2 Pt 2. — С. 26–126.

<sup>24</sup> Barnes J.A. Graph Theory and Social Networks: A Technical Comment on Connectedness and Connectivity // *Sociology.* 1969. Т. 3. № 2. — С. 215–232.

*Network Analysis* by John Scott, Peter J. Carrington или *Introduction to Social Network Methods* by Hanne man R.

### Обзор современных исследований с использованием сетевого анализа

Сетевой анализ обладает широким спектром возможностей для исследования школ. Однако инструменты сетевого анализа, как правило, не применяют в отрыве от существующих подходов в социальных науках и педагогике. Существуют несколько основных теорий, которые обеспечивают теоретическую рамку для интерпретации полученных данных. Рассмотрим наиболее популярные: теории социального капитала, распределённого лидерства, диффузии инноваций и некоторые другие.

### Оценка социального капитала

Идея социального капитала принадлежит к фундаментальным социологическим работам П. Бурдьё, который рассматривал социальные связи индивида инструментом получения личных выгод<sup>25</sup>. Социальный капитал — это ресурсы реальные или потенциальные, извлечённые из связей<sup>26</sup>. В сфере управления организациями существует множество работ, описывающих социальный капитал на основе сетевого подхода. Так, позиция узла связывается с властью (Brass, Burkhardt, Kilduff, Krackhardt), лидерством (Brass, Krackhardt; Pastor; Meindl, Mayo; Sparrowe, Liden), групповой эффективностью (Hansen; Tsai), личными результатами (Baldwin, Bedell; Mehra, Kilduff, Brass; Sparrowe, Liden, Wayne, Kraimer)<sup>27</sup>.

<sup>25</sup> Бурдьё П. Формы капитала / пер. с англ. М. — С. Добряковой // *Экономическая социология.* 2002. — Т. 3. — № 5. — С. 60–74.

<sup>26</sup> Lin N. Building a Network Theory of Social Capital // *Connections.* 1999. — Т. 22. — № 1. — С. 28–51.

<sup>27</sup> Borgatti S.P., Foster P.C. The network paradigm in organizational research: A review and typology // *J. Manage.* 2003. — Т. 29. — № 6. — С. 991–1013.

В сферу управления школой концепция социального капитала попала несколько позже и связана преимущественно с канадскими исследователями и реформаторами Майклом Фулланом и Энди Харгривсом (Michel Fullan, Andy Hargreaves), которые на протяжении более 20 лет занимались улучшениями более 3000 школ в канадской провинции Онтарио, используя эту концепцию<sup>28</sup>.

В других работах (использующих не только сетевые методы анализа) показано, что социальный капитал школ имеет положительный эффект на:

- проведение реформ и педагогические улучшения (Bryk & Schneider; Frank, Zhao, & Borman; Louis & Kruse; McLaughlin & Talbert; Rosenholtz; Smylie & Hart);
- атмосферу доверия (Bryk & Schneider; Louis, Marks, & Kruse);
- уровень экспертизы (Daly & Finnigan; Frank; Spillane);
- создание общих смыслов (Spillane)<sup>29</sup>.

Что касается работ непосредственно в русле сетевого анализа, то, например, авторы Leana и Pil предполагают, что высокий уровень социального капитала служит предиктором высокого уровня организационного развития, и стараются проследить эту взаимосвязь в 88 государственных школах. Исследование внутреннего социального капитала (отношения между учителями) и внешнего (отношения школьного руководства с родителями, общественностью) показывают положительную связь между уровнем социального капитала и успехами учеников в математике и чтении<sup>30</sup>.

Frank, Zhao, Borman, интерпретируя социальный капитал как доступ к ресурсам, показывают влияние разветвлённых социальных связей на более активное внедрение инноваций (на примере компьютерных технологий)<sup>31</sup>.

<sup>28</sup> Fullan M.G., Hargreaves A. Professional Capital: Transforming Teaching in Every School // London: Routledge, 2012.

<sup>29</sup> Pitts V.M., Spillane J.P. Using social network methods to study school leadership // Int. J. Res. Method Educ. — 2009. — Т. 32. — № 2. — С. 185–207.

<sup>30</sup> Leana, C.R., & Pil, F.K. Social capital and organizational performance: Evidence from urban public schools // Organization Science. — 2006. — № 17(3). — С. 353–366.

Кроме того, пока единственное в России массовое исследование школ, проведённое в рамках сетевого подхода, использует теоретические основания социального капитала. В процессе исследования разработан и апробирован опросник, направленный на измерение интенсивности профессиональных взаимодействий, что позволяет оценивать в какой-то части социальный капитал школ. В исследовании приняли участие более 400 школ.

### Распределённое лидерство в школах

В докладе ОЭСР «Развивая школьное лидерство» анализируются тенденции эволюции школьного ландшафта, и выдвигается тезис, что **директор в одиночку не может уследить за всеми значимыми аспектами функционирования школы**. Возможным решением видится реализация модели распределённого лидерства, когда **ответственность, например, за внедрение педагогических инноваций разделяется между членами коллектива**<sup>32</sup>. К схожим выводам о значимости распределённого лидерства приходят также Day и Sammons в обзоре успешных лидерских практик<sup>33</sup>.

Sun, Frank, Penuel, Kim в работе «Как внешние институции проникают в школы через формальных и неформальных лидеров», опираясь на теорию распределённого лидерства, стремились проследить адаптацию внешних институциональных реформ в школах. В рамках

<sup>31</sup> Frank, K.A., Zhao, Y., & Borman. Social capital and the diffusion of innovations within organizations: Application to the implementation of computer technology in schools // Sociology of Education. — 2006. — № 77. — С. 148–171.

<sup>32</sup> Совершенствуя систему школьного руководства: Improving School Leadership // Вестник международных организаций: образование, наука, новая экономика. — 2008. — № 2. — С. 57–63.

<sup>33</sup> Day C., Sammons P. Successful leadership: a review of the international literature // Nottingham: CfBT Education Trust, 2013.

лонгитюдного исследования с применением сетевого анализа авторы пришли к выводу, что **формальные лидеры (директор, заместители) обычно влияют на создание условий для принятия реформ, а неформальные лидеры (наиболее влиятельные члены коллектива) способствуют педагогической адаптации нововведений в коллективе**<sup>34</sup>.

Spillane and Kim приходят к выводу, что поток инноваций распределяется не по модели «от формальных лидеров ко всем остальным», а зависит от индивидуальных характеристик директоров, управленческой команды и учителей, поэтому, как правило, ответственность за обучение коллектива и экспертизу — это распределённый феномен<sup>35</sup>.

Кроме того, Spillane предлагает апробированный в 22 школах сетевой инструмент анализа школьного лидерства SSSNQ (School Staff Social Network Questionnaire), нацеленный на изучение педагогических лидерских практик (instructional practices).

### Диффузия инноваций и образовательные реформы

Теория диффузии инноваций была предложена Эвереттом Роджерсом. Он предположил, что диффузия — это процесс, посредством которого инновации распространяются по определённым каналам в течение времени среди членов социальной системы<sup>36</sup>.

Frank, Zhao и Borgman приходят к выводу, что неформальные эксперты в сети школьных взаимодействий имеют не меньшее

<sup>34</sup> Sun M. и др. How External Institutions Penetrate Schools Through Formal and Informal Leaders // Educ. Adm. Q. 2013. — Т. 49. — № 4. — С. 610–644.

<sup>35</sup> Spillane, J.P., & Kim, C.M. An exploratory analysis of formal school leaders' positioning in instructional advice and information networks in elementary schools // American Journal of Education, 2012. — № 119(1). — С. 73–102.

<sup>36</sup> Rogers E.M. Diffusion of Innovations, 5th Edition // New York: Simon and Schuster, 2003.

значение для внедрения инноваций, чем традиционные способы обучения учителей новым приёмам<sup>37</sup>. В другой работе этого же авторского коллектива «The Organization as a Filter of Institutional Diffusion» установлено, что реформы проходят через фильтр групповых норм и практик и распределяются через агентов влияния. Кроме того, они приходят к выводу, что профессиональная экспертиза имеет ту же логику распространения, что и инновации<sup>38</sup>.

Существует ряд работ, изучающих при помощи сетевого анализа внедрение региональных и государственных образовательных реформ. Coburn, Russell, Kaufman, Stein устанавливают важное значение во внедрении педагогических реформ сетевого сотрудничества учителей в области консультирования друг друга. Плотные сети взаимодействий обеспечивают устойчивое развитие школы. Однако в случае неприятия реформ сообществом наблюдается обратный эффект в виду группового давления<sup>39</sup>.

К тем же выводам при анализе реформ приходят Daly, Moolenaar, Bolivar и Burke. В результате совмещения качественных и количественных методов авторы пришли к выводу, в школах **ориентированные на реформы группы обеспечивают более эффективное их принятие**<sup>40</sup>.

<sup>37</sup> Frank, K.A., Zhao, Y. Social capital and the diffusion of innovations within organizations: Application to the implementation of computer technology in schools // Sociology of Education. — 2006. — № 77. — P. 148–171.

<sup>38</sup> Sun M. и др. Shaping Professional Development to Promote the Diffusion of Instructional Expertise Among Teachers // Educ. Eval. Policy Anal. 2013. — Т. 35. — № 3. — С. 344–369.

<sup>39</sup> Coburn и др. Supporting sustainability: Teachers' advice networks and ambitious instructional reform // American Journal of Education, 2012. — № 119(1). — С. 137–182.

<sup>40</sup> Daly A.J. и др. Relationships in reform: the role of teachers' social networks // J. Educ. Adm. 2010. — Т. 48. — № 3. — С. 359–391.

### Исследования отдельных аспектов и процессов в школах

Хотя исследователи чаще всего опираются на проработанные в социологии и науках об образовании подходы, существует ряд значимых работ в рамках сетевого анализа, которые нам не удалось отнести ни к одной из перечисленных выше категорий. Например, Jackson и Bruegmann, изучая взаимное обучение учителей, приходят к выводу, что это имеет некоторый положительный результат на достижения учеников<sup>41</sup>. Работы Moolenaar более детально описывают механизмы сотрудничества учителей в рамках концепции peer education (взаимное обучение равных), показывая взаимосвязь процессов с эффективностью коллектива и достижениями учеников<sup>42</sup>. Youngs, Frank, Pogodzinski описывают влияние менторов и коллег на коллектив<sup>43</sup>.

Следует отметить, что в настоящее время наблюдается рост исследований, изучающих школы с перспективой социальных сетей, поэтому происходит постоянное добавление новых подходов и точек рассмотрения образовательных процессов.

### Обзор программного обеспечения

Для сетевого анализа разработано довольно обширное количество программ и дополнений к программам. Однако в существующих исследованиях сетевых структур в образовательных и коммерческих организациях наиболее часто используются следующие программы:

#### *UCINET (включая NetDraw, Pajek)*

UCINET — это исчерпывающая программа, разработанная при исследовательском центре

<sup>41</sup> Jackson, C.K., & Bruegmann, E. Teaching students and teaching each other: The importance of peer learning for teachers // American Economic Journal: Applied Economics, 2012. — № 1(4). — С. 85–108.

<sup>42</sup> Moolenaar, N.M., Slegers, P.J.C., & Daly, A.J. Teaming up: Linking collaboration networks, collective efficacy, and student achievement // Teaching and Teacher Education, 2012. — № 28(2). — С. 251–262.

<sup>43</sup> Youngs, P., Frank, K.A., & Pogodzinski, B. The role of mentors and colleagues in beginning elementary and middle school teachers' language arts instruction. In Kelly, S. (Ed.), Understanding Teacher Effects // New York: Teachers' College Press, 2011.

Гарварда. Она позволяет рассчитывать все перечисленные в статье характеристики. Программа постоянно обновляется, появляются новые алгоритмы расчётов. Кроме того, UCINET содержит набор предложенных пользователями алгоритмов анализа, база которых постоянно пополняется.

Программа включает сервис для визуализации сетевых структур NetDraw и расширение для анализа крупных сетей Pajek.

Программа условно-бесплатная, производители предлагают 60-дневную пробную версию с полным функционалом. На сайте разработчиков есть исчерпывающие бесплатные материалы, описывающие работу с программой.

Сайт разработчиков:  
<https://sites.google.com/site/ucinetsoftware/downloads>

#### *Расширение NodeXL для Excel*

NodeXL — это бесплатное расширение для программы Microsoft Excel. Оно позволяет легко создавать сетевые матрицы различных типов, визуализировать сети и рассчитывать основные сетевые параметры (например, различные типы центральности, связность сети, взаимность).

Сайт разработчиков: <http://nodexl.codeplex.com/releases/view/117659>

#### *Расширение SIENA для R*

SIENA — это также бесплатное расширение для статистического пакета R. Дополнение разработано Центром статистики Университета Оксфорда. Расширение ориентировано на исследование динамики в социальных сетях и наилучшим образом подходит для лонгитюдных исследований.

Сайт разработчиков SIENA:  
<http://www.stats.ox.ac.uk/~snijders/siena/>

Проект R: <http://cran.r-project.org/>

Кроме расширения для R, функции сетевого анализа выполняют следующие дополнения: `igraph`, `sna`, `network`, `tnet`, `ergm`, `Bergm`, `hergm`, `latentnet`, `degreenet`, `networksis`.

### Другие программные продукты

Хотя другие программные продукты ранее не использовались при анализе социальных структур в образовательном контексте, они могут иметь плюсы для конкретного исследования. Среди них можно выделить программы `NetMinet`, `Mathematica`, `EgoNet`, `Gephi`, `Tulip` и другие.

### Заключение

Как и любой другой метод, сетевой анализ обладает набором ограничений и возможностей. При сборе данных в школах важно получить их от всех участников сети, что в некоторых случаях может быть затруднительным. Из-за большого количества возможных параметров для анализа (например, алгоритмы расчёта центральности) необходимо тщательно продумывать выбранные характеристики, так как применение той или иной математической модели к реальности может диаметрально повлиять на выводы исследования. При отсутствии специализированного программного обеспечения для сбора сетевых данных процесс формирования таблиц и переноса данных при больших объёмах исследования может оказаться довольно трудоёмким. Кроме того, для некоторых случаев

важно проведение дополнительных качественных или лонгитюдных исследований для получения точных результатов.

Тем не менее, на наш взгляд, сетевой анализ как метод обладает широким потенциалом для исследования школ.

**Сетевой анализ — это одновременно и проработанная методология исследования, и довольно развитая база теоретических оснований.** Например, для основных метрик сетевого анализа имеется значительное количество качественных исследований, подтверждающих связь моделей и реальности. Это быстро растущая сфера исследований, в которой постоянно прибавляются новые оригинальные работы, значительная часть которых связана с образованием.

Актуальные глобальные тенденции сетевого анализа тесно связаны с российскими реалиями. Например, ФГОС предполагает внедрение значительного числа инноваций, а их распространение среди учителей — нерешённая проблема. В этом случае можно перенять опыт коллег, исследующих диффузию инноваций. Другой пример: наблюдается значительный рост количества сетей профессионального взаимодействия учителей или директоров между собой. Было бы интересно проследить эффекты такого рода сотрудничества в реализации учебной деятельности. Перспективной представляется также идея социального и профессионального капитала школ как фундамента для их развития. Более подробно результаты исследования будут описаны в следующих статьях. **НО**