CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

BIM as a communication and collaboration tool within a large-scale infrastructure construction project

Usage of BIM to support communication and collaboration in a complex infrastructure project

Master's Thesis in the master's Program Design and Construction Project Management

ALI ALAATHARY
KHALIL SALLOUM

DEPARTMENT OF TECHNOLOGY MANAGEMENT AND ECONOMICS
Division of Service Management and Logistics

CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Gothenburg, Sweden 2020
www.chalmers.se
Report No. E2020:061

BIM как инструмент коммуникации и сотрудничества в рамках крупномасштабного проекта строительства инфраструктуры. Использование BIM для поддержки коммуникации и совместной работы в сложном инфраструктурном проекте.

BIM as a communication and collaboration tool within a largescale infrastructure construction project Usage of BIM to support communication and collaboration in a complex infrastructure project 2020

Сигнальный перевод 2021 г. Куприяновский В.П. v.kupriyanovsky@rut.digital

REPORT NO. E 2020: E2020:061

BIM as a communication and collaboration tool within a large-scale infrastructure construction project

Usage of BIM to support communication and collaboration in a complex infrastructure project

ALI ALAATHARY
KHALIL SALLOUM

Department of Technology Management and Economics
Division of Service Management and Logistics
CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Gothenburg, Sweden 2020

BIM as a communication and collaboration tool within a large-scale infrastructure construction project
Usage of BIM to support communication and collaboration in a complex infrastructure project
ALI ALAATHARY
KHALIL SALLOUM

© ALI ALAATHARY
© KHALIL SALLOUM

Report no. E2020:061
Department of Technology Management and Economics
Division of Service Management and Logistics
Chalmers University of Technology
SE-412 96 Göteborg
Sweden
Telephone + 46 (0)31-772 1000

Gothenburg, Sweden 2020

BIM as a communication and collaboration tool within a large-scale infrastructure construction project

Usage of BIM to support communication and collaboration in a complex infrastructure project

ALI ALAATHARY
KHALIL SALLOUM

Department of Technology Management and Economics
Chalmers University of Technology

Аннотация

В крупных и сложных проектах по строительству инфраструктуры участвуют несколько участников, которые совместно работают над упрощением проектов и обеспечением успешной реализации. Это результат сдвига в строительной отрасли от традиционного партнерства между участниками проекта, где основное внимание уделяется стоимости, к межорганизационному партнерству, цель которого - обучение. Кроме того, на основе принципов партнерства возникла форма раннего вовлечения подрядчиков (ECI) как форма договора о взаимоотношениях, которая очень популярна в Швеции. Внедрение информационного моделирования зданий (BIM) в сложных строительных проектах в сочетании с ECI улучшает общее взаимодействие и сотрудничество между участниками проекта. Этот документ направлен на изучение того, как BIM используется в качестве инструмента связи и сотрудничества между участниками в рамках сложных проектов строительства инфраструктуры. Данные были собраны путем интервьюирования команды, которая работала только с проблемами, связанными с BIM, в рамках исследуемого инфраструктурного проекта, а также путем изучения конкретного случая, вторичных данных и наблюдений. Результат показал, что BIM способна облегчить координацию работы многих вовлеченных в проект организаций и продвигать эффективные каналы связи и более тесное сотрудничество между участниками проекта и заинтересованными сторонами. Кроме того, предпочтение отдается сотрудничеству как способу реализации сложного и крупного инфраструктурного строительства, и что BIM является очень прочной связью, которая связывает, достигает и сближает многие дисциплины друг с другом и на общей основе, обеспечивая общее понимание и лучшую всеобъемлющую картину проекта.

Table of content

ABSTRACT **0**

PREFACE **2**

NOTATIONS **3**

1 INTRODUCTION **4**

1.1 PURPOSE 5
1.2 OBJECTIVES 5
1.3 RESEARCH QUESTIONS 5
1.4 DELIMITATIONS 5
1.5 THESIS STRUCTURE 6

2 THEORETICAL FRAMEWORK **7**

2.1 PROJECTS AS NETWORKS 7
2.1.1 What is a network *8*
2.1.2 Strength of ties and centrality of nodes *9*
2.2 COMMUNICATION AND COLLABORATION IN COMPLEX INFRASTRUCTURE CONSTRUCTION PROJECTS 12
2.2.1 Complex infrastructure construction projects *12*
2.2.2 Collaboration in complex infrastructure construction projects *13*
2.2.3 Communication in complex infrastructure construction projects *16*
2.2.4 Effective communication easing complex construction projects *16*
2.3 THE CONCEPT OF BUILDING INFORMATION MODELLING 18
2.3.1 Building Information Modeling (BIM) *18*
2.3.2 BIM in large- infrastructure construction projects *19*
2.3.3 Communication and collaboration using BIM in large infrastructure construction projects *21*
2.3.4 Virtual Design and Construction (VDC) & Integrated Concurrent Engineering (ICE) *22*

3. METHODOLOGY **24**

3.1 RESEARCH DESIGN AND APPROACHES 24
3.1.1 Qualitative research method with an abductive approach *24*
3.2 DATA COLLECTION METHODS 26
3.2.1 Interviews *26*
3.2.2 Observations *29*
3.2.3 Secondary data collection *29*
3.2.4 The case study *29*
3.4 LIMITATIONS OF THE STUDY METHOD 30
3.5 DATA ANALYSIS 30
3.6 RELIABILITY AND VALIDITY 31
3.7 ETHICAL CONSIDERATIONS 31

4 THE CASE STUDY **32**

4.1 MAJOR TRANSPORT INFRASTRUCTURE PROJECT 32
4.1.1 The sub-project in focus *32*
4.1.2 The Swedish context of infrastructure construction projects *33*

5 EMPIRICAL PART **35**

5.1 PRIMARY DATA 35
5.1.1 The BIM Team *35*
5.1.2 Implications of collaborating using BIM *36*
5.1.3 Communication and collaboration with and without BIM as a tool. *38*
5.1.4 The project network - The BIM team *40*
5.2 SECONDARY DATA 41
5.2.1 The external interview *41*

6. ANALYSIS AND DISCUSSION **43**

6.1 WHAT CAN GENERALLY BE STATED? 43

6.2 HOW IS BIM USED AS A COMMUNICATION AND COLLABORATION TOOL BETWEEN DIFFERENT ACTORS IN THE PROJECT? 44

6.3 FROM A PROJECT NETWORK POINT OF VIEW, HOW DOES BIM FUNCTION AS A TIE BETWEEN THE INVOLVED ACTORS IN THE PROJECT? 47

6.3.1 The strength of BIM as a tie and the centrality of BIM-team as a node *47*

7 CONCLUSION **50**

7.1 RECOMMENDATIONS FOR FUTURE RESEARCH AND A REFLECTION ON THE MASTER THESIS 51

8 REFERENCES **52**

1. ВВЕДЕНИЕ

Строительная отрасль считается менее эффективной и продуктивной, чем другие отрасли, например автомобильная промышленность (Elmqvist and Hjertquist, 2006). Хотя в значительной степени обе отрасли включают разных участников, участвующих в сложных проектах в разных отделах, например, на этапах проектирования и производства (Crowley, 1998), строительная отрасль все еще отстает. Несколько исследователей изучили причины этого и предложили возможные решения. Часть из них указывает на то, что внедрение новых информационных технологий и приложений может помочь решить эту проблему (Bröchner, 1990; Al-Qazzaz, 2010; Egbu CO и Botterill C, 2002).

Сравнительно большой размер и длительные сроки реализации строительных проектов, а также уровень сложности деятельности могут быть основными различиями между жилищными и крупными инфраструктурными проектами (Bradley et al., 2016). Из-за сложности проектов все участники крупных проектов по строительству инфраструктуры должны эффективно общаться и тесно сотрудничать, используя каналы и инструменты, которые обеспечивают достижение успешных результатов проекта. Коммуникация и сотрудничество включают очень тесное сотрудничество с клиентами, поставщиками, субподрядчиками и другими внутренними и внешними заинтересованными сторонами (Chakkol et al., 2018; Kerzner, 2017), что является непростой задачей из-за динамичного характера деятельности в строительные проекты (Wikforss and Löfgren, 2007). Следовательно, строительная отрасль использует информационное моделирование зданий (BIM) в качестве шага к решению проблемы эффективности и производительности, стремясь достичь высококачественных результатов проектов за счет эффективного взаимодействия и более тесного сотрудничества между участниками сложных строительных проектов (Aibinu и Пападониколаки, 2016). BIM был тенденцией в исследовательском сообществе в течение последнего десятилетия, и огромное количество статей обсуждает преимущества его внедрения в строительных проектах. BIM в строительной отрасли направлена на упрощение процессов, повышение производительности и эффективности связанных действий и процессов в рамках проектов (Smith, 2014). Его можно применять независимо от типа и масштаба проекта (Sacks et al., 2016).

Тем не менее, в BIM было мало исследований, касающихся проектов строительства инфраструктуры, касающихся коммуникации и сотрудничества. Таким образом, основное внимание в магистерской диссертации уделяется тому, как BIM в настоящее время используется в качестве инструмента коммуникации и сотрудничества в многопрофильных сложных инфраструктурных проектах. Цель состоит в том, чтобы осветить то, что произошло в результате этой реализации в одном из самых значительных проектов строительства инфраструктуры в большом шведском городе. Более того, почти не было найдено исследований, связывающих теорию сетей с BIM в области коммуникации и сотрудничества между межорганизационными субъектами. Таким образом, в данной статье BIM рассматривается как связующее звено, соединяющее различных участников, участвующих в крупных и сложных проектах строительства инфраструктуры, с точки зрения сети проектов (т. е. того, как проекты рассматриваются как сети, состоящие из связей и узлов (Steen et al., 2018)).

1.1 Цель

Магистерская диссертация является частью более крупного исследования, проведенного аспирантом Технологического университета Чалмерса, которое охватывает несколько областей исследуемого проекта строительства инфраструктуры в городе в Швеции. Основной делегированной целью магистерской диссертации было показать, как BIM используется в качестве инструмента коммуникации и сотрудничества между участниками исследуемого проекта строительства инфраструктуры. Точнее, основная цель - наблюдать и подчеркивать, как BIM может функционировать как связующее звено между участниками проектов строительства инфраструктуры, например, между основным и субподрядчиком, заказчиком и заинтересованными сторонами.

1.2 Цели

Цели магистерской диссертации - изучить крупный подпроект по строительству инфраструктуры в одном из крупнейших городов Швеции и понаблюдать за тем, как BIM в настоящее время применяется в качестве инструмента коммуникации и сотрудничества в этом проекте. В связи с этим цель состоит в том, чтобы наблюдать, как BIM используется для связи и сотрудничества между различными организациями и участниками в рамках исследуемого проекта. Основное внимание в магистерской диссертации уделяется динамике команды, которая занимается BIM на протяжении всего проекта. В диссертации рассматриваются практические вопросы, такие как, кто имеет право загружать, обновлять и / или корректировать модели BIM проекта, кому принадлежат модели, какие цифровые платформы BIM используются и как клиент и главный подрядчик подходят к этим платформам. Путем анализа эмпирических данных и применения теоретической основы достигаются цели магистерской диссертации.

1.3 Вопросы исследования

Авторы выделили два основных исследовательских вопроса, исходя из цели и задач магистерской диссертации. Вопросы исследования касаются рассматриваемой проблемы позже в разделе обсуждения. Вопросы исследования следующие:

● Как BIM используется в качестве инструмента связи и сотрудничества между различными участниками исследуемого проекта строительства инфраструктуры?

● С точки зрения сети проектов, как BIM работает как связующее звено между всеми участниками исследуемого проекта строительства инфраструктуры?

1.4 Разграничения

В диссертации основное внимание уделяется коммуникации и сотрудничеству между участниками исследуемого инфраструктурного проекта, такими как заказчик, главный подрядчик и субподрядчик. Сравнение исследуемого проекта с другими проектами того же типа и размера не проводится из-за ограниченности времени и ресурсов. Выводы магистерской диссертации основаны на собранных эмпирических данных разного типа, см. Методология. Таким образом, ни обсуждение, ни заключение не могут быть обобщены на разные

страны которые, возможно, не использовали BIM так, как Швеция, в силу, помимо прочего, технологических причин, а также культурных и социальных факторов. Таким образом, эта магистерская диссертация не может применяться или воспроизводиться в других странах. Ограничения, касающиеся метода исследования, более подробно представлены в главе о методологии.

1.5 Структура диссертации

Отчет о магистерской диссертации следует типичной структуре отчета, в основных главах представлены и обсуждаются различные темы. Отчет состоит из шести глав (см. Рисунок ниже), а именно:

Глава 1: Введение, которое включает предысторию, цели, цели и вопросы исследования, ограничения исследования и структуру диссертации. Глава 2: Теория и исследование литературы, в которой дается глубокое понимание основной проблемы исследования. Глава 3: Метод, в которой будут представлены методологии и подходы, которые были приняты в ходе этого исследования. Глава 4: Эмпирическая часть, в которой представлены эмпирические данные из различных источников, таких как интервью и наблюдения. Глава 5: Дискуссионная часть, в которой проводится анализ и сопоставление результатов теоретической и эмпирической частей. Глава 6: Заключительная часть, в которой резюмируется магистерская работа в виде результатов, выводов, а также даются ответы на вопросы исследования и будущие рекомендации по будущим исследованиям в рассматриваемой области.

Рисунок 1. Структура магистерской диссертации - Основные главы.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Теоретическая основа начинается с представления проекта в виде сетей, а затем подчеркивается характер сложных строительных проектов и то, как BIM в настоящее время используется в строительном секторе. Теоретическая основа является важной частью этого исследования, поскольку представляет собой призму, через которую авторы подходят к изучаемой проблеме.

Теория сетей способна объяснить координацию работы во временных организациях (то есть проектах), и появилось все больше работ, в которых используется та или иная сетевая перспектива (Steen et al., 2018). Боргатти и Халгин (2011) более десяти лет назад подтвердили растущий интерес к теории сетей независимо от областей знаний и что через призму сети исследователи и студенты исследовали различные взаимосвязи и аффективные факторы в определенных сетях. В управлении проектами сети изучаются для наблюдения, среди прочего, за производительностью работы в рамках проектов, в которых задействованы несколько участников из технических областей различных организаций. Утверждалось, что использование сетевой точки зрения является движущей силой успешных рынков (Biggart, 2002). Сети признаны центром инноваций в некоторых отраслях и, учитывая, например, проекты, сети облегчают обмен знаниями и их получение, чего в противном случае может быть сложно достичь.

2.1 Проекты как сети

Строительные проекты редко выполняются изолированно от внешних сторон (Engwall, 2003). Строительные проекты можно рассматривать как временные организации (Bakker et al., 2016), где различные участники из разных дисциплин и организаций сотрудничают, заботясь об элементах различных проектов, стремясь достичь наилучшего общего результата. Сотрудничество между различными участниками строительных проектов рассматривается как ключевые элементы для достижения успешных результатов проекта (Rahman et al., 2014), и что предыдущие успешные строительные проекты мотивируют новое долгосрочное сотрудничество между сторонами и способствуют положительной последовательности успешных строительных проектов. в промышленности (Ebers and Maurer, 2016).

Применение сетевого взгляда на проекты (то есть теории сетей проектов) объясняет проектные явления, процессы, действия и т. д., как если бы проекты были сетями (Steen et al., 2018). Рассмотрение проектов как сетей позволяет понять динамическую систему проекта (Steen et al., 2018). Он заключается в изучении отношений между вовлеченными акторами, ресурсами и процессами в проектах, а также изучении силы их связей, что позволяет исследовать значимость конкретно вовлеченного актора (Вассерман и Фауст, 1994). Однако не существует конкретной методологии подхода к строительным проектам как к сетям (Steen et al., 2018). Выполнение этого требует принятия сетевой точки зрения «терминологии», которой в данном случае является хорошо известная сетевая точка зрения: Анализ социальных сетей (SNA). Согласно Отте и Руссо (2002), СНС - это приложение теории сетей и широкой стратегии исследования социальных структур и форм сетей. Перспектива ставит во главу угла отношения между участниками в сети, и, изучая степень связности актора в сети, становится возможным определить важность этого актора и позицию которую он

занимает в контексте (Steen et al., 2018). Как уже упоминалось, СНС не применяется для проектных сетей, но используется ее терминология теории сетей.

2.1.1 Что такое сеть

Сеть - это набор узлов, соединенных набором связей (Боргатти и Фостер, 2003, см. Рисунок 2. Сети представляют собой определенный вид отношений в определенном контексте. Отношения могут быть физическими или нефизическими, материальными или нематериальными, и прямое или косвенное (Borgatti and Halgin, 2011). Узлы в сетях представляют участников, а связи в сетях представляют собой пути, которые связывают участников вместе, позволяя общаться. Через связи информация передается от одного субъекта к другому (Borgatti and Halgin, 2011 г.). Знания, эмоции, слухи, репутация, идеи и т. д. также текут через сети. Это зависит от контекста рассматриваемой сети.

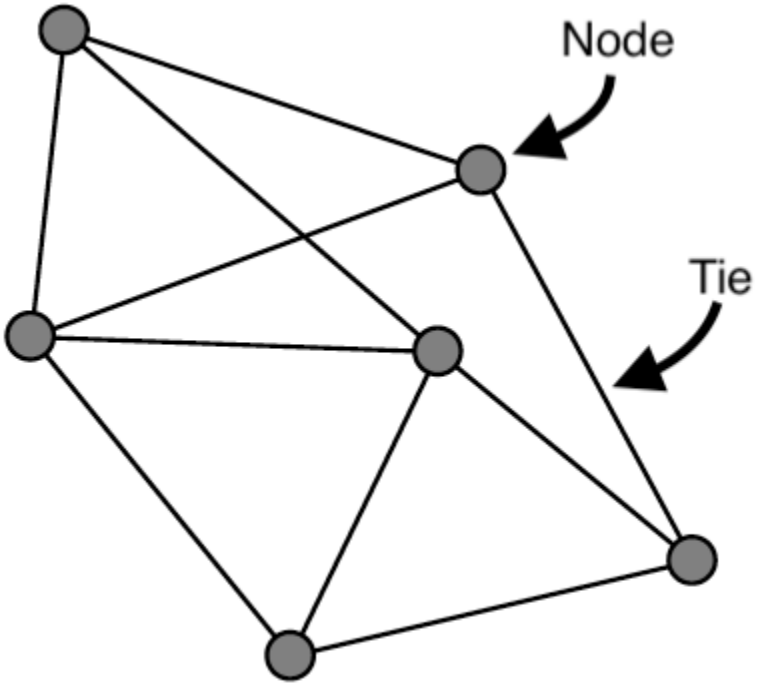

Рис. 2. Сеть, состоящая из узлов и связей, реконструированная (Borgatti and Halgin, 2011, p.1169).

Акторы внутри сети представлены узлами и могут означать людей, команды, организации, роли и даже концепции (Borgatti and Halgin, 2011). В то время как связи, связывающие эти узлы, подразумевают тип среды, через которую соединяются узлы. Однако важно отметить, что сеть определяется посредством того, из каких связей и узлов она состоит (Borgatti and Halgin, 2011), и то, насколько сильная или слабая сеть, зависит от силы и слабости связей, связывающих узлы.

При исследовании конкретной сети важно учитывать сетевой контекст; что подключается и какими средствами. Согласно Боргатти и Халджину (2011), сети не имеют естественных границ на каждый вид. Исследователю необходимо установить определенный набор границ, определяющих, где сети начинаются и заканчиваются. В некоторых случаях сети не подключены, см. Рисунок 3 (Borgatti and Halgin, 2011). Несмотря на то, что они все вместе являются частью одного и того же контекста, небольшие сети в комплексных называют Компонентами (Otte and Rousseau, 2002).

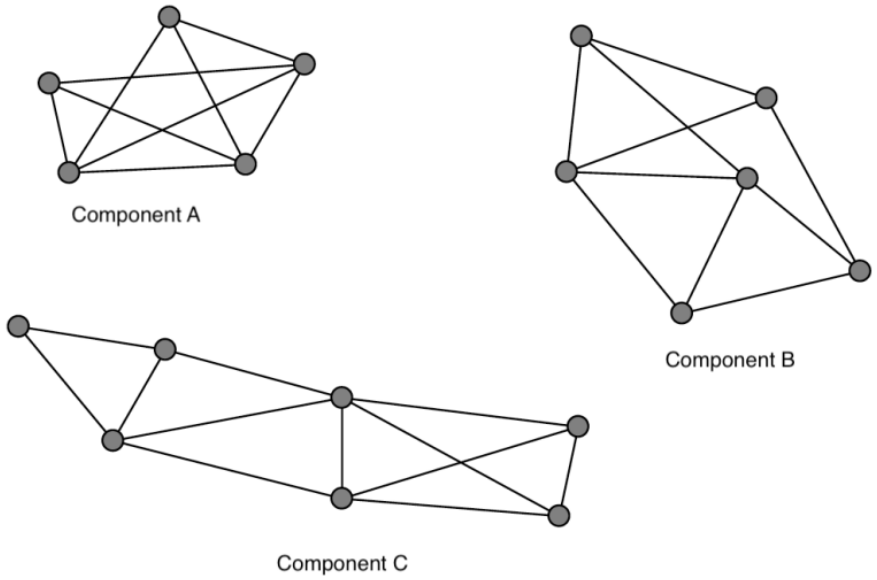

Рисунок 3. Сеть, состоящая из небольших фрагментов (компонентов), реконструированных (Боргатти и Халгин, 2011, стр.1169).

Эти компоненты являются фрагментами более крупной сети, которая по какой-то причине потеряла соединение, и эти узлы не смогли достичь других узлов в следующих компонентах (Borgatti and Halgin, 2011). Никакое вещество не может перемещаться между этими компонентами, поэтому невозможно ожидать прибытия какого-либо вещества (Borgatti et al., 2013). Компоненты в сетях могут повторно подключаться друг к другу, и тогда считается, что возможность подключения улучшается.

Исследователи отдельно изучают конкретного действующего лица в сети изолированно от других, стремясь понять систему и ее динамику (Otte and Rousseau, 2002), предполагая, что системы построены из совокупных свойств внутренних компонентов. Однако сети (такие как проекты) включают коррелированные компоненты и больше не определяются свойствами компонентов (Knoke and Kuklinski, 1982). Элементы системы взаимосвязаны (Knoke and Kuklinski, 1982), что означает, что они взаимодействуют друг с другом и взаимодействуют. Таким образом, расположение элементов (узлов) внутри сетей и средств (связей), посредством которых эти элементы соединяются (то есть взаимосвязь), имеет решающее значение.

2.1.2 Сила связей и центральность узлов

Боргатти и Халгин (2011) классифицируют связи по двум категориям: «типы связей, на которых обычно сосредотачиваются теоретики сетей, можно разделить на два основных типа: состояния и события» (стр. 1170).

«Состояние» - это постоянный тип связи между участниками сети. Пример связи состояния в контексте работы подразумевает отношения между менеджером и сотрудником. Это не означает, что это постоянная связь, но, по крайней мере, в ней есть определенный уровень настойчивости, выносливости и непрерывности. С другой стороны, связь с «событием» более конкретна, отчетлива и временна (Borgatti and Halgin, 2011). Он возникает в результате событийного взаимодействия между участниками. Такое взаимодействие может подразумевать отправку электронных писем друг другу в рамках организации с вопросами о ходе работы. Оба типа обеспечивают связь между узлами.

Сила связи оценивается путем изучения частоты взаимодействий между участниками в сетях (Steen et al., 2018), а также путем измерения продолжительности связи, а также ее значимости. Например, Грановеттер (2005) исследовал роль связей в обществах и то, как социальные сети, среди прочего, влияют на сообщества. Он изучал, среди прочего, как формы социальных сетей и обществ влияют на информационные потоки. Один из выводов исследования Грановеттера заключался в том, что связи играют важную роль в социальных сетях (Granovetter, 1983). Это зависит от того, насколько хорошо люди знали друг друга, на коммуникационные и информационные потоки повлияли. По его словам, информация часто бывает расплывчатой и требует надлежащего канала связи для правильного общения. В зависимости от силы связей роли участников в определенной сети могут различаться. Сильные связи могут функционировать менее критично по сравнению со слабыми, которые могут иметь важное значение в одном контексте, но не в другом. Сила связей определяется тем, насколько хорошо один участник в социальной сети знает другого, сколько времени между ними проходит и насколько эмоционально взаимно взаимовыгодные отношения. Слабые связи между участниками - это те связи, которые могут возникать на основе событий, например, приветствия друг друга в течение рабочего дня. Грановеттер означает, что слабые связи функционируют как мосты, соединяющие кластеры (компоненты) в сетях. Грановеттер считает, что слабые связи лучше способствуют распространению информации, чем сильные. Однако для того, чтобы установить сильную связь в определенной сети, необходим узел со стратегическим положением. Таким образом, центральность узлов в каждой сети имеет решающее значение при каждом исследовании сетей.

Центральность узла - это мера того, насколько важен узел (Casciaro, 1998). Центральность узла говорит о том, насколько он влиятелен (см. Рисунок 4). Отте и Руссо (2002) утверждают, что центральность - это то, сколько связей имеет конкретный узел.

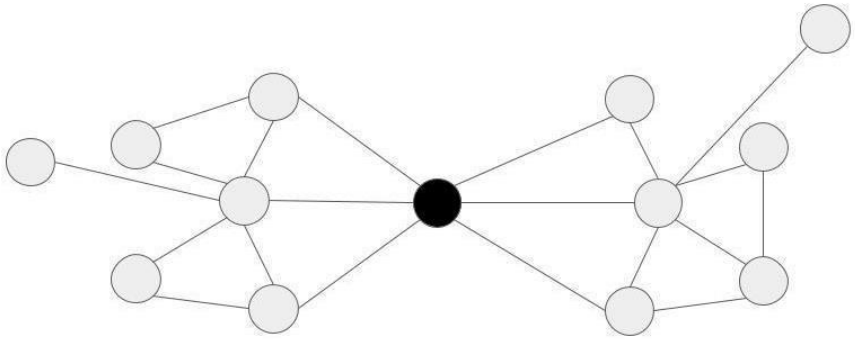

Рис. 4. Узел функционирует как «мост», соединяющий компоненты, рисунок автора.

Бавелас (1948) исследовал, как применялась центральная роль в коммуникации. Он пришел к выводу, что существует очень явная и прямая связь между центральностью и влиянием в процессах, осуществляемых группами. Бавелес и Барретт (1951) через Ливитта (1951) пришли к выводу, что центральность напрямую связана с эффективностью групп, когда дело касается решения проблем. В дополнение к этому Кон и Марриотт (1958) сосредоточили внимание на том, как центры в сообществах помогают организовывать общества. Питтс (1965) изучал, как центральное место в городском планировании было важным аспектом транспортной сети страны.

Значение узла означает разные вещи в зависимости от контекста. Хотя степень связности выражает важность узлов, она не говорит о том, где узлы

локализованы в сетях. Таким образом, для измерения центральности (значимости) узлов важными факторами, которые необходимо учитывать, являются центральность близости, промежуточности и престижности. Центральность близости - это то, насколько близко узел к другим узлам в сети и насколько хорошо узел достигает других узлов (Otte and Rousseau, 2002). Это также касается того, насколько легко узел может достичь других узлов (см. Рисунок 5).

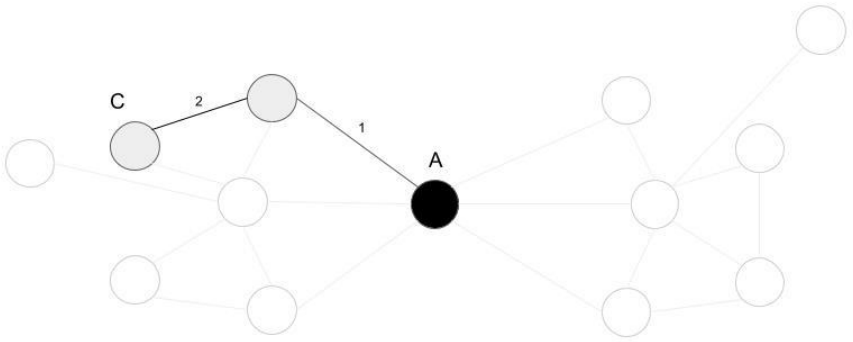

Рисунок 5. Узел A достигает всех остальных узлов всего за два шага, собственный рисунок авторов.

Borgatti et al. (2013) определяют центральность близости как «Сумму геодезических расстояний от узла до всех остальных». Центральность близости индивидов в сети (изучение эго-сети) может быть скомбинирована для агрегирования глобальной меры центральности близости / степени всей сети (Otte and Rousseau, 2002). Близость центральности также означает, что чем короче расстояние от конкретного узла до других связанных узлов, тем большую центральность он имеет. Таким образом, этому узлу становится, например, легче распространять информацию и общаться с другими узлами в сети. Таким образом, если вопрос касается коммуникации, эта метрика может быть полезной и удобной для определения того, где находится вес в конкретной глобальной сети. Центральность близости для узла может легко повлиять на другие подключенные узлы, поскольку ему легче достичь их и предоставить входные данные. Другие узлы, находящиеся далеко на расстоянии и имеющие такое же количество подключенных связей, могут быть не такими эффективными и функциональными, как рассматриваемый узел с высокой степенью центральности близости.

Согласно Отте и Руссо (2002, стр. 443), центральность узлов определяется как «количество кратчайших путей, которые проходят через данный узел». Центральность посредничества - это мера, которая показывает, функционирует ли узел как «мост», соединяющий узлы в сети. Borgatti et al. (2013) утверждают, что благодаря центральному расположению можно определить частоту воздействия веществ в сетях. Он считается «привратником», который фильтрует то, что течет в сети и проходит через нее. Узел такого типа повторно соединяет отдельные компоненты (например, небольшие несвязанные сети).

Централизация Prestige описывает, насколько важен конкретный узел, исходя из важности подключенных узлов. Сети включают в себя множество важных узлов с разными состояниями, и центральность узла может зависеть от того, к каким узлам он подключен. Таким образом, нельзя рассматривать узел как центральный, если этот узел связан с менее важными и менее критическими узлами в контексте. Borgatti et al. (2013) называют эту меру следующим образом: «узел хорошо связан, если подключен ко многим хорошо связанным

узлам. "Узел более ценен и имеет высокую престижную центральность, когда связанные узлы имеют большую сумму степени престижности. Это означает, что чем важнее и значительнее связанные акторы с актером, тем более важным и центральным является сам этот актор. становится.

2.2 Коммуникация и сотрудничество в сложных проектах строительства инфраструктуры

В этом разделе представлен обзор сущности сложных инфраструктурных проектов строительства. Позже будет представлен обзор текущего взаимодействия и сотрудничества в сложных строительных проектах. Согласно литературным источникам, общение и сотрудничество являются ключевыми элементами успеха любого строительного проекта любого типа и, следовательно, требуют тщательного рассмотрения. Для обеих концепций уместно дать обзор.

2.2.1 Комплексные проекты строительства инфраструктуры

Типичный жизненный цикл строительного проекта часто состоит из нескольких этапов. Эти этапы проекта требуют различных методов работы и услуг. В своей книге «Управление строительными проектами» Sears et al. (2015, стр.3) кратко и очень конкретно заявляют, что:

'По мере продвижения от первоначального планирования до завершения проекта типичная работа проходит через последовательные и отчетливые этапы, требующие участия таких разрозненных областей, как финансовые организации, правительственные агентства, инженеры, архитекторы, юристы, страховые и гарантийные компании, подрядчики, материалы и оборудование. производители и расходные материалы, а также рабочие-строители ".

Этот долгий путь, который проходят строительные проекты, связан, в том числе, с тем, что строительные проекты выдерживаются в течение многих лет. Результатом этих различных видов деятельности, объединенных ресурсов и компетенций в строительных проектах является качественно ценный результат, который может принимать разные формы (Sears et al., 2015).

Инфраструктурные системы играют жизненно важную и ведущую роль в обществе и важны для экономического цикла, роста и жизни граждан (Bradley et al., 2016). Крупные и сложные строительные проекты часто влекут за собой длительные периоды времени и командную межорганизационную синхронизацию между взаимозависимыми участниками проекта (Chakkol et al., 2018). Проекты строительства инфраструктуры имеют большие размеры, хорошо заметны для общественности, часто инициируются государственным сектором и должны длиться не менее одного года (Foti, 2001). Проекты строительства инфраструктуры включают, среди прочего, туннели, мосты, трубопроводные сети, системы канализации и водоочистные сооружения (Eriksson et al., 2017, Hyari and Kandil, 2009). В этих проектах используется значительное количество материалов и оборудования. Таким образом, ожидаемые выгоды от проектов строительства инфраструктуры должны быть равны затратам проектов или превышать их.

Для крупных проектов строительства инфраструктуры часто требуются сотни рабочих, десятки заинтересованных сторон, и сложность их возникает, когда подрядчикам часто необходимо организовать собственное строительство на

сайте (то есть временная фабрика), и в значительной степени сегменты проекта должны быть созданы с учетом индивидуальных требований, соответствующих целям проекта (Sears et al., 2015). Строительные проекты должны соответствовать рассматриваемой среде, обеспечивать уникальную функцию, для которой они созданы, и в своем дизайне отражают особый вкус. На проекты строительства инфраструктуры влияют непредсказуемые факторы, такие как плохая погода, проблемы с поставками материалов, задержки транспортировки, отсутствие услуг и инструментов, а также тяжелые условия труда. Эти факторы делают эти проекты более сложными. Однако такие крупные и сложные проекты строительства инфраструктуры могут страдать от информационных и коммуникационных проблем (Winch, 2009, Dainty et al., 2007), которые являются важными ключевыми аспектами успешного сотрудничества и общего результата проекта (Kerzner, 2017). Большинство строительных проектов все еще имеют серьезные проблемы с общением на этапе проектирования, что приводит к различным формам проектных проблем, таким как задержки. Эрикссон и др. (2017) утверждают, что на проекты строительства инфраструктуры часто влияют задержки, которые приводят к меньшей отдаче от выплат и большим расходам. Изменения в проектах неизбежны (Sun and Meng, 2009), и чем более сложным становится проект, тем больше появляется изменений, требующих адаптации для выполнения работы (Bröchner and Badenfelt, 2011). Поскольку задержки проекта не только приводят к перерасходу средств, но и приносят пользу обществу; поскольку использование услуг инфраструктурных проектов населением приостановлено, Eriksson et al. (2017) предполагают, что для крупных строительных проектов требуется большая гибкость в сотрудничестве между вовлеченными сторонами при выполнении этих мероприятий, чтобы управлять непредсказуемыми изменениями.

Сложность крупных строительных проектов проистекает, среди прочего, из-за неопределенностей в проекте на разных уровнях (Geraldi et al., 2011), даже когда разумная и достаточная информация о проекте доступна. Видаль и Марл (2008) обнаружили, что организационная сложность в крупных строительных проектах считается доминирующей категорией сложности и включает 70% всех факторов сложности. Организационная сложность состоит, среди прочего, из сложности контекстов, которые подразумевают взаимодействие вовлеченных субъектов в проектах с учетом разнообразия и сложности мероприятий и действий, осуществляемых через вовлеченных субъектов. Однако использование методов и инструментов управления данными приносит пользу всему проекту и ускоряет выполнение всей программы (Sears et al., 2015). В этих программах и инструментах управления данными несколько крупных компонентов проекта, которые необходимо разработать, могут быть собраны в одной массивной базе данных для создания интегрированной 3D-модели. В 3D-модель проекта также может быть добавлена информация о времени и производстве, что дает рождение концепции информационного моделирования зданий (BIM). Для строительного проекта BIM должен содержать всю необходимую информацию о проекте.

2.2.2 Сотрудничество в сложных инфраструктурных проектах строительства

Сотрудничество предпочтительнее, чем способ реализации сложного и крупного инфраструктурного строительства, в котором задействовано несколько сторон, таких как поставщики и клиенты (Chakkol et al., 2018). В любом проекте, независимо от его типа и масштаба и почти в каждой отрасли, сотрудничество жизненно важно (Oraee et al., 2019) и имеет решающее значение в нескольких областях управления проектами, включая коммуникацию проекта, интеграцию, ресурсы,

и управление заинтересованными сторонами. Существует огромная связь между сотрудничеством по проекту и производительностью работы и, следовательно, огромный потенциал для устранения неопределенностей проекта (Walker et al., 2017). Сотрудничество - это процесс, посредством которого объекты (например, организации и группы) обмениваются информацией, ресурсами и обязанностями для общего планирования, реализации и оценки набора действий и процессов для достижения общих целей. Камаринья-Матос и Афсарманеш (2008) представляют четыре различных ключевых компонента, которые включают сотрудничество, сетевое взаимодействие, общение и координацию.

● Нетворкинг - это процесс коммуникации и часть сотрудничества, происходящий между организациями и направленный на достижение общих выгод (Камаринья-Матос и Афсарманеш, 2008). Это происходит, например, когда люди и организации в определенной отрасли обмениваются информацией друг с другом о различных вещах. При создании сетей в этой экосистеме цели не устанавливаются, но участники могут извлечь выгоду из имеющейся информации.

● Сотрудничество характеризуется как процесс более низкого уровня (т. е. индивидуального уровня), чем сотрудничество, и происходит, когда люди совместно работают над достижением общей цели, в которой социальные отношения участвуют совместно, чтобы максимизировать общие выгоды (Schalk and Curşeu, 2010). В огромной степени невозможно отличить сотрудничество от сотрудничества. Но последнее содержит первое (Camarinha-Matos and Afsarmanesh, 2008).

● Однако обмен информацией между организациями в более тесном сотрудничестве - это процесс координации. Координация является важным компонентом сотрудничества и происходит, когда происходит акт гармоничной и организованной работы между людьми и организациями. Под корпорацией организация стремится к достижению целей и задач.

● Коммуникация - это среда, посредством которой происходит сотрудничество, см. Раздел 2.2.3, и подразумевает действие, посредством которого один человек может предоставить информацию о своих желаниях, потребностях и восприятии чего-либо кому угодно, и что это может быть выполнено намеренно. , вербально, условно и наоборот (Velentzas, Broni, 2014).

Сотрудничество - ключевой элемент успеха в строительной отрасли и в рамках проектов (Mosey, 2009). Walker et al. (2017) подтверждают, что сотрудничество в строительных проектах может сблизить участников проекта с точки зрения общей основы и рабочих рамок. Эта структура охватывает основу обмена информацией и знаниями в рамках проекта. Что характеризует сотрудничество в сложных строительных проектах, так это способность облегчить сложность работы и способствовать взаимному уважению и интересу. Благодаря сотрудничеству можно в значительной степени ограничить неопределенности и двусмысленность строительных проектов. Неопределенность в строительных проектах возникает, в частности, из-за отсутствия точной информации до принятия решения или отсутствия необходимой информации для принятия решения. Эта неопределенность, помимо прочего, характеризует строительные проекты и приводит к большим неудачам во многих из них. Таким образом, в строительной отрасли по всему миру возникли отношения сотрудничества при реализации новых проектов (Tadayon et al., 2018). Такие контракты о сотрудничестве и отношениях, как партнерство и раннее участие в контракте (ECI), были очень популярны. Хотя в значительной степени взаимное доверие является ключевым фактором в сложных проектах, контракты помогают определить, кто за что отвечает и что имеют право делать команды, что, в свою очередь, способствует прозрачности проектов, а также сокращению конфликтов и

недопонимания (Чаккол и др., 2018). Контрактная основа для совместной работы имеет важное значение для обеспечения высокой производительности труда и выполнения обязательств в рамках строительных проектов (Mosey, 2009), поскольку управление сотрудничеством в многогранных крупных строительных предприятиях проблематично и требует эффективных инструментов различного рода (Chakkol et al., 2018). Посредством договорной силы межорганизационного сотрудничества, соглашения устанавливают точные роли, привилегии и обязанности каждого участника и препятствуют оппортунизму.

Исследователи изучили сотрудничество между различными участниками строительной отрасли со стратегической точки зрения и пришли к выводу, что союзы и партнерства становятся ключевыми элементами успешных проектов (Rahman et al., 2014). Происходит переход от традиционных партнерских отношений между участниками проектов в отрасли, где основное внимание уделяется стоимости, к межорганизационному партнерству, где обучение является целью (Douma et al., 2000). Этот переход в отрасли осуществляется путем адаптации методов совместной реализации проектов на основе реляционных контрактов. В Швеции партнерство было очень популярно как метод совместной реализации проектов. Партнерство - это долгосрочное обязательство между несколькими организациями (обычно между клиентом и основным подрядчиком), направленное на улучшение сотрудничества и достижение бизнес-целей каждой вовлеченной организации (Tadayon et al., 2018). Партнерство, как отношения сотрудничества, нацелено на выполнение строительных проектов, особенно инфраструктурного типа, как в целом, так и за пределами организации. Основа партнерства - это взаимное доверие, полное участие и целеустремленность, уважение и понимание преимуществ и ожиданий участников. Партнерство не препятствует новаторским подходам, а также стремлению предоставлять качественные проекты и услуги. В литературе показано, что партнерство может снизить культуру оппозиции и уменьшить конфликты между участниками строительных проектов (Eriksson, 2010). Эти конфликты делают строительный проект менее эффективным и создают большую потребность в улучшении сотрудничества (Walker et al., 2017). Таким образом, партнерство вносит основной вклад в повышение эффективности и прибыльности строительной отрасли (Ling et al., 2006). Адаптация подхода к совместной работе в крупных инфраструктурных проектах обеспечивает большую эффективность и действенность не только внутри проектов, но и во всей отрасли (Lloyd-Walker and Walker, 2015). На основе принципа партнерства возникло раннее вовлечение подрядчиков (ECI), которое очень популярно в Швеции (Laryea and Watermeyer, 2016). ECI - это форма сотрудничества, при которой подрядчик более формально участвует на ранней стадии проектирования, чтобы в полной мере использовать свои знания и опыт. Первый этап участия подрядчика в строительных проектах - это когда вместе с консультантами проектируют и устанавливают целевую цену для проекта в целом (Walker and Lloyd-Walker, 2012). Второй этап - это когда подрядчик был одобрен и получил контракт на строительство проекта. ECI поддерживает тесное сотрудничество, когда проектные команды и сети создают культуру сотрудничества в рамках проектов. Чтобы гарантировать успех проекта, предпочтительно, чтобы один и тот же подрядчик выполнял и этап 1, и этап 2, см. Рисунок выше. При совместном подходе, оставляющем оппортунистический и коварный взгляд, литература обеспечивает очень многообещающее будущее для строительной отрасли с использованием ECI. Одним из преимуществ ECI является вовлечение множества сторон в проект, обмен знаниями и устранение недопонимания. Это приводит к улучшению отношений и взаимному доверию между клиентами, подрядчиками и консультантами.

2.2.3 Коммуникация в сложных инфраструктурных проектах строительства

Согласно Кельвин-Илоафу (2017, стр.93), общение определяется как «… искусство передачи информации от одного человека к другому, чтобы их можно было получить в том виде, в каком они были задуманы». Таким же образом Велентсас и Брони (2014) определяют общение как действие, посредством которого один человек может предоставить информацию о своих желаниях, потребностях и восприятии кому угодно, и что это может быть выполнено намеренно, устно, условно и наоборот. Процесс связи не считается завершенным до тех пор, пока приемник не достигнет общего понимания (Kelvin-Iloafu, 2017), таким образом, связь является двусторонним процессом, что означает, что передатчик часто получает обратную связь, гарантирующую, что приемник успешно получил информацию (Dainty et al., 2007). Общение происходит не только между людьми, но и между командами, группами, организациями и другими типами сущностей. Строительная отрасль по своей природе ориентирована на командную деятельность, в ней работают различные специалисты, которые одновременно работают над успешной реализацией строительных проектов. Коммуникация в строительной отрасли, согласно Project Management Institute (2017b, стр. 361), - это «процесс обеспечения своевременного и надлежащего сбора, создания, распространения, хранения, поиска, управления, мониторинга и окончательного удаления проектной информации. ». Коммуникация является необходимостью и рассматривается как инструмент развития и ключевой элемент успеха (Kerzner, 2017), и что для управления строительными задачами и деятельностью в строительных проектах, особенно в сложных, необходимо установить четкие каналы связи. Каналы коммуникации подразумевают речь и язык тела, но также и электронные средства, такие как электронная и электронная электронная почта, телефонные звонки или их комбинация (Dainty et al., 2007).

Процесс коммуникации в строительных проектах является непрерывным, проходя через каждую стадию проекта (Kerzner, 2017, Dainty et al., 2007). Это происходит во всех типах строительных проектов разного масштаба, поскольку проектные группы и сети часто являются временными и следят за динамикой развития проектов. Чтобы преодолеть непростую и непредсказуемую сложность рабочей среды, команды строительных проектов рассматривают общение как фундаментальный элемент. Согласно Иллиа и др. (2006), общение происходит не только внутри и между различными дисциплинами проекта (т.е. горизонтальное и диагональное общение), но и между различными вовлеченными организациями (Велентзас и Брони, 2014). ; межорганизационный.

2.2.4 Эффективное облегчение коммуникации сложных строительных проектов

Dainty et al. (2007) подтверждает важность межличностного и межгруппового общения в строительных проектах. Межличностное общение происходит между людьми, когда люди играют роли передатчика и приемника, рассматривая информацию. Независимо от того, какие инвестиции были вложены в сферу информационных и коммуникационных технологий (ИКТ), успех любого строительного проекта, помимо прочего, связан с взаимодействием внутри проектных групп. Однако для крупных и сложных строительных проектов и более общих в

строительной отрасли, ИКТ необходимы для адаптации, чтобы облегчить сложность, возникающую из-за географической удаленности проектных организаций и строительных площадок (Manley and Chen, 2015).

Для передачи информации от одного человека к другому требуется формат, понятный другому человеку, получателю. Таким образом, обычно при устном общении в формате лицом к лицу информация кодируется в «слова», которые получатель должен интерпретировать, чтобы понять смысл этих слов и действовать соответствующим образом. Dainty et al. (2007) подтверждают важность эффективных коммуникаций в строительной отрасли. Велентзас и Брони (2014, стр.) Утверждают, что эффективное общение происходит, когда «… желаемый эффект является результатом преднамеренного или непреднамеренного обмена информацией, которая интерпретируется между несколькими объектами и осуществляется желаемым образом». Чтобы обеспечить процесс эффективного взаимодействия в рамках строительных проектов, отправитель информации и получатель должны достичь цели коммуникации, поддерживать ее и, при желании, увеличивать эффект. Это просто подразумевает явное изменение, порождает понимание и / или создает соответствующие действия. Для участника проекта эффективное общение означает не только отправку и получение информации и действия на ее основе, но также умение внимательно слушать и внимательно следить за всей рабочей средой. Эффективное общение в строительных проектах подразумевает учет любого контекста, в котором происходит общение (например, происхождения, возраста и пола, а также того, насколько интеллектуален получатель). Коммуникация является источником жизненной силы любого типа организации, включая строительные проекты различного масштаба (Kelvin-Iloafu, 2017). Это может в значительной степени облегчить сложность крупных проектов строительства инфраструктуры, повысить производительность труда и повысить вовлеченность сотрудников (Dainty et al., 2007). Изменения в крупных и сложных строительных проектах неизбежны, и справиться с ними сложно, поэтому эффективная коммуникация способна объединить вовлеченных субъектов из разных дисциплин и организаций, облегчая процессы и разрушая препятствия. Это улучшает сотрудничество и способствует интеграции работы.

2.3 Концепция информационного моделирования зданий

Авторы подходят к информационному моделированию зданий (BIM) и исследуют его концептуализацию и его определения различными способами. Некоторые из них подходят к BIM и объясняют его теоретически, тогда как другие относятся к нему более технически. В этом разделе документа BIM и его принципы будут представлены на основе соответствующей литературы. BIM имеет решающее значение для понимания в этом исследовании и для проведения литературного исследования. Таким образом, в этом разделе BIM рассматривается более глубоко, чтобы предоставить более широкую область знаний.

2.3.1 Информационное моделирование зданий (BIM)

BIM как идея и терминология начали появляться на рынке в 2000-х годах (Volk et al., 2014). BIM - это не конкретное программное обеспечение или программа; это методология, концепция и платформа рабочей среды (Eastman et al., 2011). Более того, BIM представлен как группа решений и технологий, которые облегчают рабочий процесс и улучшают взаимодействие между всеми вовлеченными участниками и дисциплинами в рамках конкретного проекта (Aibinu and Papadonikolaki, 2016). В своем исследовании «Преимущества управления информацией через информационное моделирование зданий» Демиан и Уолтерс (2014 г., стр. 4) описывают BIM следующим образом:

«BIM определяется как исчерпывающий сбор информации (включая документы) о проектировании, строительстве и эксплуатации здания».

Участвующие в проекте инженеры создают модель BIM или ее часть для всего проекта с помощью компьютерного программного обеспечения. Модель BIM состоит из объектов или компонентов, каждый из которых включает соответствующие и необходимые данные, такие как настройки, размеры, материал и стоимость (Azhar et al., 2012). Эти данные и информация используются для целей анализа и моделирования на всех этапах проекта, от этапа проектирования до этапа строительства (Eastman et al., 2011). Например, если один из инженеров-проектировщиков хочет что-то изменить в модели BIM проекта, программное обеспечение BIM применит изменения непосредственно и точно ко всей модели и обновит все связанные с ней чертежи и документы (Eastman et al., 2011). Таким образом, если архитекторы захотят добавить окно к плану, программа автоматически и точно добавит это окно ко всей BIM-модели, фасаду, разрезу и так далее. Кроме того, включенные данные используются для целей моделирования, анализа и прогнозирования в рамках всего проекта (Bradley et al., 2016), а также для оценки необходимого времени для действий по планированию, оценки затрат, запуска моделирования и обнаружения конфликтов. (Ажар и др., 2012). Следовательно, это приводит к экономии времени и денег за счет сокращения времени, необходимого для встреч по обнаружению коллизий и проверки ошибок в проекте.

2.3.2 BIM в крупных инфраструктурных проектах строительства

Многие организации и администрации, как в государственном, так и в частном секторах, в первую очередь в рамках инфраструктурных проектов, устанавливают новые договорные правила, требующие от строительных компаний использовать и применять BIM во всем проекте, начиная с этапа проектирования и заканчивая этапом обслуживания (Sacks et al. , 2016). Участвующие субъекты в проекте строительства инфраструктуры часто сталкиваются с проблемой безошибочно передать высококачественный проект, несмотря на ограниченные ресурсы, такие как время, бюджет и рабочая сила (Bradley et al., 2016).

Внедрение BIM в инфраструктурных проектах и соответствующие процессы часто аналогичны строительным проектам (Bradley et al., 2016). Инженеры-проектировщики в проектах инфраструктуры могут использовать модель BIM для создания 3D-визуализаций, обнаружения конфликтов и координации с другими участниками проекта (Demian and Walters, 2014). Однако инфраструктурные проекты характеризуются относительно длительным сроком строительства и крупными размерами (Chakkol et al., 2018). Это генерирует значительный объем информации и данных. Одним из существенных преимуществ BIM является его способность управлять данными и информацией проекта (Bradley et al., 2016).

Модель BIM и связанный с ней процесс могут играть жизненно важную роль в сохранении, координации, подключении и имитации неграфических данных проекта. Такие как спецификации материалов и информация о стоимости. Кроме того, BIM может предоставить инструменты для оценки и обмена данными между различными участниками сложных проектов (Bradley et al., 2016). Следовательно, это повышает уровень сотрудничества и общения, упрощает рабочие процессы и экономит время и деньги. В своем исследовании BIM для инфраструктуры: общий обзор Брэдли и др. (2016, стр. 13) представляют основные преимущества использования BIM в проектах строительства инфраструктуры, например, на автомагистралях, и заявляют, что:

«Преимущество на автомагистралях связано с координацией и визуальной интеграцией неграфических данных в модель, и они будут наиболее эффективно использоваться на этапе подготовки к строительству и строительства, связывая собранную на местах информацию с подходом к моделированию BIM на объекте (поле), создание точных и насыщенных данными операционных агентов моделей Project Information в форме, которая может быть автоматически интегрирована в их наборы сетевых данных ».

Внедрение BIM в рамках крупных инфраструктурных проектов предлагает заинтересованным сторонам ряд преимуществ, таких как следующие:

1. Модель BIM может обеспечить четкую визуализацию, исчерпывающий обзор всего проекта и его деталей на ранней стадии проектирования, даже до начала строительных работ на площадке (Eastman et al., 2011). Когда задействованные инженеры-проектировщики могут видеть весь проект и каждую мелкую деталь в модели BIM, это поможет им построить свою мысленную картину и воображение (Azhar et al., 2012). Следовательно, это приводит к снижению уровня недопонимания, конфликтов и сокращению необходимого времени на координационные встречи. Это преимущество - одно из коммуникативных преимуществ модели BIM.

2. Внедрение BIM предлагает эффективный и успешный способ управления изменениями в проекте. Если произойдет какое-либо изменение в конструкции, программное обеспечение BIM автоматически обновит модель BIM, быстро и точно. Изменения также коснутся связанных документов и чертежей (Eastman et al., 2011). Следовательно, это приводит к сокращению затрат времени на внесение изменений вручную и их представление на координационных собраниях.

3. Инженеры-проектировщики могут использовать BIM-модель для управления процессом контроля конфликтов, чтобы обнаруживать потенциальные ошибки на ранней стадии проектирования, прежде чем начинать этап производства (Eastman et al., 2011). Вместо того, чтобы находить совпадения и ошибки позже на этапе выполнения и устранять их на месте, что может быть дорогостоящим. Следовательно, использование BIM в сложных строительных проектах приводит к экономии времени, денег, усилий и снижает риск возникновения дорогостоящих конфликтов на этапе производства (Aibinu and Papadonikolaki, 2016).

4. Использование BIM также дает возможность прогнозировать и ожидать поведения определенных элементов проекта при определенных условиях, таких как землетрясения, путем проведения дополнительного анализа и моделирования процессов (Bennett and Ls, 2012). Модель BIM и связанные с ней данные используются, чтобы помочь заинтересованным сторонам, особенно подрядчикам, эффективно и действенно построить проект инфраструктуры (Bradley et al., 2016).

Многие строительные компании, которые строят крупные инфраструктурные проекты во многих странах, таких как Великобритания, Финляндия, Норвегия, Соединенные Штаты Америки и Швеция, начали внедрять BIM в свои проекты. Тем не менее, исследование показало, что в странах Западной Европы уровень внедрения BIM (36%), а в США - 49%. Эти цифры показывают отсутствие внедрения BIM в отрасли строительной инфраструктуры (Bradley et al., 2016). Несмотря на многочисленные преимущества внедрения BIM в инфраструктурных проектах, существует несколько препятствий, препятствий и проблем для внедрения BIM в крупных инфраструктурных проектах. Одна из них - непонимание важности сложных инфраструктурных проектов BIM (Bradley et al., 2016). Более того, лица, принимающие решения на высоком административном уровне в строительных компаниях, демонстрируют социальное сопротивление изменениям (Yan and Demian, 2008) и могут не верить в преимущества BIM при внедрении в свои проекты. Кроме того, они считают, что нет необходимости разрабатывать новые методы работы, в то время как существующие по-прежнему приносят прибыль, как и они (Yan and Demian, 2008). Кроме того, руководители считают, что внедрение BIM считается дорогостоящим, и нет необходимости вкладывать большие деньги в обновление рабочего процесса и обучение персонала из-за относительно высокой стоимости приобретения программного обеспечения и обучения персонала (Ян и Демиан, 2008 г.). Таким образом, такой подход к BIM в строительной отрасли приводит к нехватке на рынке высококвалифицированных и компетентных людей в отношении BIM. Наконец, можно также упомянуть правовые вопросы при обучении внедрению BIM и рассматривать их как проблему и проблему, которую необходимо решить, чтобы полностью внедрить BIM. Такие проблемы могут возникнуть, например, в отношении владения моделью, ответственности, полномочий и ответственности за ее изменение и совместное использование (Azhar, 2011).

Появилось несколько новых ролей и рабочих мест, которые появятся благодаря внедрению BIM в строительном секторе (Davies et al., 2017). В рамках проекта, основанного на BIM, ответственные за BIM люди общаются и сотрудничают для создания интегрированной модели BIM, представляющей рассматриваемый проект. Они работают как одна цепочка в тесном сотрудничестве и эффективном общении, пытаясь достичь конечных целей

проект (Davies et al., 2017). Следующие роли хорошо известны в строительных проектах на основе BIM:

BIM менеджер

Менеджер BIM играет важную роль в инфраструктурных проектах; руководство и контроль координаторов BIM и разработчиков моделей BIM, а также разработка планов и стратегий для внедрения BIM на всех этапах проектов.

Координатор BIM

Координатор BIM играет жизненно важную роль в инфраструктурном проекте; ведущие специалисты по BIM и координация работы между участниками различных дисциплин, касающихся модели BIM для инфраструктурного проекта, во время встреч.

BIM техник

Специалист по BIM или разработчик моделей BIM играет жизненно важную роль в создании и обновлении модели BIM для строительных проектов. Он или она должны быть очень опытными в использовании программного обеспечения BIM и иметь отличные навыки общения и совместной работы (Davies et al., 2017).

2.3.3 Коммуникация и совместная работа с использованием BIM в крупных проектах строительства инфраструктуры

В проектах по строительству инфраструктуры задействовано много ключевых игроков и действующих лиц, таких как заказчик, инженеры-проектировщики, главный подрядчик и субподрядчики (Bradley et al., 2016). Часто результат работы одного заинтересованного лица зависит от работ и достижений другого (Eastman et al., 2011). Например, если проект касается строительства моста, инженеры HVAC (отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха, электричество) могут не иметь возможности приступить к выполнению своих задач до того, как инженеры-строители завершат свою работу. Отсюда важность общения и сотрудничества на разных этапах инфраструктурного проекта (Du et al., 2014). Для достижения конечных целей проекта все вовлеченные участники должны создать активный канал связи, чтобы исключить ненужные траты времени на неэффективные коммуникации, чтобы сосредоточиться на качестве проекта (Eastman et al., 2011). В связи с этим традиционные каналы связи все еще используются в инфраструктурных проектах, таких как электронная почта, телефонные звонки и видеоконференции (Eastman et al., 2011). Однако реализация BIM в рамках сложных инфраструктурных проектов предлагает участникам эффективный способ общения и обмена информацией (Doughty, 2013). Модель BIM играет жизненно важную роль в обмене информацией и управлении на протяжении всего проекта (Bradley et al., 2016). Участвующие участники загружают модель BIM в платформу BIM, что позволяет всем им быстро и эффективно исследовать модель BIM и связанные с ней данные и информацию без установки каких-либо конкретных программ, независимо от их географического положения (Du et al., 2014). Следовательно, модель BIM в цифровой платформе BIM становится ядром и центром всей интегрированной информации проекта (Nguyen et al., 2018).

Платформа BIM используется на всех этапах проекта (Nguyen et al., 2018). Использование платформы BIM сокращает необходимое время для общения и облегчает информационный поток, кроме того, уменьшает количество административных документов (Du et al., 2014). Следовательно, достичь более высокого уровня сотрудничества и улучшить качество проекта (Nguyen et al., 2018). В своем исследовании The BIM Utopia:

Централизация сотрудничества и коммуникации с помощью технологий, Azouz et al. (2014., стр. 6) утверждают, что:

«Платформа BIM в основном используется в строительном секторе, например, для организации сотрудников вокруг централизованной цифровой платформы. Платформа становится центральным узлом связи и информационной базы данных, через которую информация хранится, структурируется, совместно используется и обновляется».

Однако использование BIM может потребовать определенных методов работы, которые поддерживают сотрудничество и взаимодействие между участниками проектов строительства инфраструктуры с использованием BIM (Chachere et al., 2009). Эти методы направлены на повышение уровня информационного потока между вовлеченными сторонами, решение будущих проблем и избежание будущих конфликтов для достижения конечных целей проекта (Garcia et al., 2004).

2.3.4 Виртуальное проектирование и строительство (VDC) и интегрированное параллельное проектирование (ICE)

Виртуальное проектирование и строительство (VDC) - это методология, направленная на достижение четкого понимания трудностей проекта и их виртуальную оценку перед началом работ на этапе производства. Это достигается за счет использования цифровых моделей BIM, которые, таким образом, экономят силы, время и многие другие (Kunz and Fischer, 2012). В своей статье «Руководство по применению принципов виртуального проектирования и строительства (VDC) в процессе реализации проекта Lean» Ханзоде и др. (2006, стр. 8) описывают VDC следующим образом:

«использование мультидисциплинарных моделей выполнения проектно-строительных проектов, включая продукт (т.е. объекты), рабочие процессы и организацию проектно-строительной-эксплуатационной группы для поддержки бизнес-целей».

VDC - это использование интегрированных мультидисциплинарных цифровых моделей BIM для всего проекта на этапах проектирования и производства. Участвующие стороны создают мультидисциплинарную цифровую модель BIM для всего проекта, и эти модели представляют собой модель проекта, модель процесса и организационную модель (Kunz and Fischer, 2012). Три модели работают параллельно и дополняют друг друга в соответствии с методологией и структурой VDC.

Модель проекта (3D-модель) используется для координации деятельности мультидисциплинарных специалистов и дает заинтересованным сторонам всестороннее понимание всего проекта и его деталей.

Модель процессов (4D-модель) создается путем соединения 3D-модели с временной шкалой. Модель 4D используется, чтобы помочь участникам проекта узнать и увидеть, как проекты будут построены на самом деле.

Организационная модель используется и используется для оценки рисков проекта и приблизительного определения административных усилий, необходимых для выполнения проекта (Khanzode et al., 2006).

VCD и связанные с ним модели предоставляют возможность проектировать, строить и управлять строительными проектами, используя всеобъемлющий виртуальный обзор всего проекта на всех этапах. Кроме того, визуализации в рамках строительных проектов улучшают общение и сотрудничество, облегчая обмен информацией и управление между всеми участниками проекта (Tjell and Bosch-Sijtsema, 2015).

Заинтересованные стороны, которые внедряют VDC в свои проекты, должны встретиться, чтобы обменяться информацией о проекте и избежать повторной работы (Garcia et al., 2004). Они используют «большую комнату», которая является физическим местом, где заинтересованные стороны проводят свои встречи вокруг BIM. В этой комнате есть некоторые технические устройства, такие как компьютеры, сенсорные экраны и проекторы, а также устройства связи и подключения к Интернету, которые позволяют задействованным участникам общаться и сотрудничать независимо от их географического положения (Kunz and Fischer, 2012).

С другой стороны, Integrated Concurrent Engineering (ICE) - это методология, направленная на установление сотрудничества между различными командами в рамках строительных проектов. НАСА разработало ICE как метод сотрудничества для своих проектов (Chachere et al., 2009). Более того, ICE используется для параллельного и логического процесса в проекте между участвующими проектными группами, применяющими инструменты анализа и использующими модели для визуализации и социальных процессов. Все действия происходят в Большой комнате за счет удаления физических и организационных границ для успешного и эффективного взаимодействия и сотрудничества, чтобы завершить этап проектирования за недели, а не за месяцы или годы (Chachere et al., 2009).

Внедрение ICE имеет множество преимуществ, таких как получение высококачественной модели без ошибок и экономия времени на проектирование. Следовательно, это приводит к эффективному и результативному процессу сотрудничества между участниками строительных проектов (Chachere et al., 2004). Тем не менее, у ICE есть некоторые проблемы, которые необходимо решить, чтобы реализовать и использовать в полной мере, равно как и другие методы сотрудничества, такие как структура проектных групп участников. Например, в каждой проектной группе из задействованных дисциплин должны быть разработчик BIM-моделирования, координатор BIM и лицо, принимающее решения, чтобы принимать правильные решения в нужное время (Tjell and Bosch-Sijtsema, 2015).

VDC и ICE работают вместе и интегрируются друг с другом, и оба они также используют большую комнату. VDC необходимо, чтобы все вовлеченные участники собрались в одной Большой комнате для обмена, контроля, оценки и моделирования информации; Таким образом, VDC работает в единой конкурентной инженерной среде. Следовательно, это приводит к снижению риска возникновения дорогостоящих проблем на этапе строительства, предотвращению задержек в сроках, сокращению недопонимания и будущих конфликтов (Kunz and Fischer, 2012).

3. МЕТОДОЛОГИЯ

Методология, с помощью которой была выполнена магистерская диссертация, будет представлена и объяснена более подробно в этой главе. Это аргумент в пользу качества магистерской диссертации, но также и для разъяснения процесса, чтобы заинтересованные читатели могли воспроизвести магистерскую диссертацию, используя методологию. Глава начинается с изучения двух основных методов исследования, количественного и качественного, а затем описывается подходы к дизайну исследования: дедуктивный и абдуктивный.

3.1 Дизайн исследования и подходы

Как правило, для таких исследований, как эта магистерская диссертация, используются два популярных исследовательских метода: количественный и качественный. В этом разделе будет представлен обзор методов исследования, а также объяснение и аргументация выбранного метода исследования и подхода к разработке в магистерской диссертации.

3.1.1 Качественный метод исследования с абдуктивным подходом

Количественный метод исследования определяется как подход к объяснению и дальнейшему изучению конкретной проблемы с помощью собранных данных (Apuke, 2017). Целью этого типа исследования является проверка гипотез (например, идей), рассмотрение причин и следствий и создание прогнозов на основе проанализированной информации. Он фокусируется на конкретных переменных, их количественной оценке и анализе для получения результата. Результат этого типа исследования может быть обобщен, в зависимости от контекста, и окончательные отчеты этого метода исследования часто являются статистическим средством сравнения и важности результатов.

Таблица 1. Краткое объяснение разницы между качественным и количественным методами исследования.

	Qualitative research method	Quantitative research method
Purpose	Describe, understand and interpret	Make predictions
Methods	Interviews, observations and field notes	Structural observations, content analysis, social surveys etc.
Result	Particular, specialized and not generalized	Can be generalized to population
Final report	Narrative and contextual described report	Statistical and mathematical comparing means and findings.

В таблице 1 представлены различия между двумя методами исследования. Метод качественного исследования часто используется для изучения, понимания и интерпретации социальных отношений и взаимодействий (Apuke, 2017). Изучаемые вопросы обычно небольшие, ограниченные и четко обозначенные. Данные качественного исследования могут подразумевать объекты и слова, а такие источники, как интервью и наблюдения. Анализ этих данных часто направлен на выявление закономерностей и тем в изучаемой проблеме. Достигнутый результат, сообщаемый в окончательном отчете по этому типу исследования, является специализированным, а не обобщенным.

Метод качественного исследования выбран для использования в этой магистерской диссертации из-за гибкости, которую он обеспечивает, и возможности изучения и интерпретации собранных данных (Bell et al., 2018). Этот метод исследования открывает новые возможности для изменений на протяжении всего рабочего процесса и позволяет адаптировать исследование к возникающим обстоятельствам и условиям. Качественный метод исследования подходит для этой магистерской диссертации, поскольку авторы не обнаружили большого количества исследований, посвященных тому, как BIM используется в качестве инструмента связи и сотрудничества в крупномасштабных инфраструктурных проектах. В то же время было найдено большое количество научных статей, описывающих концепцию информационного моделирования зданий (BIM) и преимущества его применения в строительном секторе в целом. Таким образом, новые открытия и теории могут быть получены после проведения исследования по выбранной проблеме. Тем не менее, авторы стремились начать исследование с построения теоретической основы, с помощью которой впоследствии будут анализироваться собранные эмпирические данные.

Что касается исследовательских подходов в выбранном методе исследования, среди индуктивного, дедуктивного и абдуктивного, был выбран абдуктивный исследовательский подход. Наиболее часто используемые исследовательские подходы для такого рода исследований (например, магистерских диссертаций) - индуктивный, дедуктивный и абдуктивный. Существенные различия между этими подходами заключаются в том, что дедуктивный подход начинается с построения теоретической основы, а затем переходит к сбору и проверке данных, чтобы проверить ее, подтверждает ли теоретическая основа, отклоняет или расширяет собранные данные. Подход к индуктивному исследованию начинается с собранных данных и продвигается к созданию теории и может зависеть от опыта и знаний исследователей (Snieder and Larner, 2009). в то время как абдуктивное может быть описано как комбинация индуктивного и дедуктивного исследовательского подхода.

Авторы начали выполнение этого исследования с подготовки краткого отчета о планировании. В отчете о планировании были даны объяснение и формулировка исследуемой проблемы, которая была дополнительно обсуждена. Отчет о планировании содержит мотивацию, объясняющую, почему эта тема актуальна для магистерской программы и важна для изучения, а также изучает, какие существуют границы, цели, возможные вопросы исследования и потенциальная теория. График / временное планирование деятельности процесса и ключевые даты были определены и количественно определены в диаграмме Ганта.

Авторы запустили два параллельных процесса одновременно. Первый процесс - это чтение, изучение и поиск соответствующей теоретической литературы и научных статей, а также построение теоретической основы. Теоретическая основа действует как линза, сквозь которую авторы подходят к исследуемым вопросам. Но также для достижения глубокого понимания того, как BIM используется в качестве инструмента коммуникации и совместной работы в инфраструктурных проектах.

Второй процесс - это поиск эмпирических данных (например, обращение к респондентам, формулирование и разработка рекомендаций по проведению интервью, проведение тематического исследования,

супервизии, посещение лекций по методам опроса и т. д.). Путем глубокого погружения в детали, теоретической основы и тематического исследования были подготовлены и сформулированы правила интервью. Наблюдение осуществлялось экзаменатором и научным руководителем в университете, и посредством обсуждений и инструкций было решено, что следующим шагом будет сбор данных посредством интервью, тематического исследования, наблюдений и последующих вопросов (анкет).

3.2 Методы сбора данных

В этом разделе описаны методы сбора эмпирических данных. Авторы собирали эмпирические данные с помощью интервью, наблюдений, вторичного сбора данных и тематического исследования.

3.2.1 Интервью

Краткая презентация в этом разделе будет посвящена сбору данных посредством интервью. По данным Kvale et al. (2009), есть семь различных этапов проведения успешного интервью (см. Рисунок ниже), которым следовали авторы магистерской диссертации и которые реализовали для магистерской диссертации.

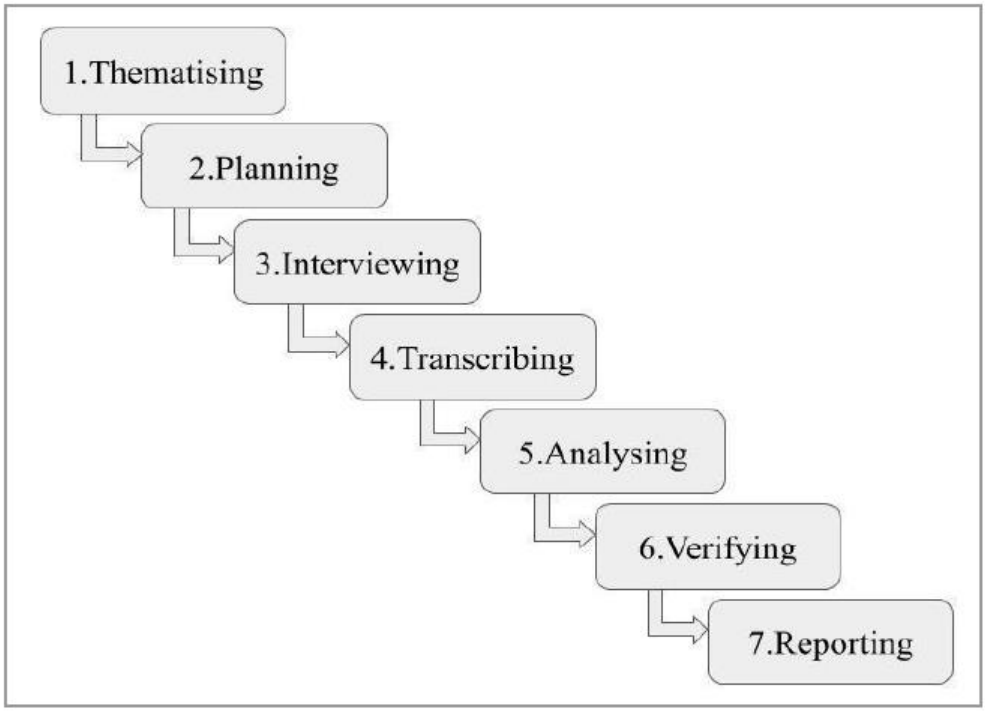

Рисунок 9. Семь этапов проведения успешного интервью, реконструированные (Kvale et al., 2009).

На этапе тематизации, используя исследовательские вопросы магистерской диссертации в качестве отправной точки, цель движения была установлена, а интервью получило четкую и конкретную тему. Совместно с научным руководителем и экзаменатором в университете были определены цели собеседований.

Интервью в магистерской диссертации проводились с использованием полуструктурированного дизайна. Полуструктурированное интервью гарантировало использование уже подготовленных вопросов, а также возможность быть более гибкими и задавать уточняющие вопросы (Bryman and Bell, 2011). Такая структура интервью позволяет контролировать и разумно управлять всем интервью. В ходе интервью авторы стремились собрать соответствующие данные и увидели, что необходима гибкость. Гибкость в данном случае означает отклонение от сценария и погружение в интересные области, возникающие в процессе собеседования. Это означает, что авторы менее строги к подготовленному сценарию (например, руководству по собеседованию).

На этапе планирования авторы разработали правила собеседования и спланировали процесс собеседования. Интервью проводились на шведском языке, поэтому авторы заранее тренировались, чтобы вопросы задавались логично и рационально, а время интервью измерялось. На этом этапе авторы начали постепенно связываться с отобранными участниками. Отобранные собеседники работают над подпроектом вместе как команда, которая занимается BIM (например, BIM-Team). Они ответили после долгой задержки. Участники были отобраны на основании, помимо прочего, их роли в исследуемом подпроекте в городе. Однако, к сожалению, в интервью приняли участие только трое из пяти.

Правила собеседования были созданы в тесном сотрудничестве с экзаменатором и научным руководителем университета. Участники интервью получали копию руководства к собеседованию заранее, чтобы изучить вопросы и подготовить соответствующие ответы в целях повышения эффективности. «Гарвардские правила собеседований» и «Брайман Белл (2017)» были основными источниками при составлении правил проведения интервью. Правила собеседования были разделены на определенные области знаний:

- Справочная информация, где были представлены основные вопросы исследования, чтобы респонденты могли наблюдать за ходом / направлением диссертации.

- Общая информация о рабочем процессе с BIM,

- Организация работы вокруг BIM (намерение авторов - наблюдение за сетью проекта),

- Связь и сотрудничество с BIM,

- Юридическая ответственность и принятие решений в отношении BIM,

- Последней темой было собственное мнение респондентов, в том числе относительно будущего BIM в шведской строительной отрасли.

Вопросы интервью были сформулированы объективно и как открытые вопросы, которые позволяют исследователям задавать уточняющие вопросы и не должны препятствовать изложению факультативных точек зрения и мнений. Согласно Брайману и Беллу (2011), вопросы интервью не должны быть первостепенными и должны быть понятны респондентам.

На этапе собеседования проводились онлайн-интервью из-за эпидемии короны, поразившей весь мир. Между тем организации и компании были очень осторожны и отреагировали таким образом, чтобы уменьшить распространение вируса. Таким образом, не было разрешено ни допроса, ни посещения строительной площадки.

Сначала с респондентами связались по электронной почте, а затем по телефону. Запрос на интервью содержал всю необходимую информацию и цель интервью. Поскольку опрошенные работали как одна команда (например, BIM-команда) над

исследовали проект, они предпочли пройти совместное интервью. Они заявили, что могут помочь ответить на вопросы вместе, предоставив картину совместной работы. Таким образом, интервью проводились в рамках одного интервью, которое длилось примерно один час и десять минут, где все интервьюируемые сидели вместе с одной стороны, а авторы - с другой. Собеседники были тщательно отобраны на основе соответствующего опыта и знаний в области BIM и инфраструктурных проектов. Контактная информация авторов была предоставлена научным руководителем университета. Намерение состояло в том, чтобы опросить различных участников исследуемого инфраструктурного проекта. Опрошенные представлены следующим образом:

- Интервьюируемый 1: Собеседник 1 - инженер-строитель, много лет проработавший менеджером по дизайну. Собеседник 1 работал в нескольких крупных международных консалтинговых компаниях, в том числе в Швеции, и начал работать в строительной компании-генеральном подрядчике в 2012 году. Собеседник 1 имеет многолетний опыт работы в этой области. Сейчас Интервьюируемый 1 является BIM-координатором, работающим над проектированием этого проекта строительства инфраструктуры.

- Опрашиваемый 2: BIM-координатор, который в основном занимается производством / строительством.

Собеседник 2 является координатором BIM в строительной компании главного подрядчика и занимается производством, размещением, планированием и координацией. Он работает с цифровыми решениями для проекта (BIM-решения). Собеседник 2 изначально был инженером-строителем и начал работать с главным подрядчиком в 2009 году. Интервьюируемый 2 имеет многолетний опыт работы в этой области, а в 2017 году Интервьюируемый 2 начал работать над крупным проектом строительства инфраструктуры в городе.

- Опрашиваемый 3: Координатор данных и BIM, работающий на стороне клиента (STA).

Интервьюируемый 3 работает консультантом в консалтинговой компании, расположенной в Швеции. Интервьюируемый 3 имеет опыт работы в качестве веб-разработчика и не имеет инженерного образования, но имеет значительный опыт в этой области. Interviewee 3 с самого начала работал над проектированием и согласованием данных. Более того, в течение десяти лет Interviewee 3 работал консультантом государственного клиента. В проекте интервьюируемый 3 выступает в роли клиента в отношении BIM.

На этапе расшифровки аудиозаписи интервью были преобразованы / преобразованы в письменный текст и подготовлены для анализа.

На этапе анализа данные были преобразованы в информацию и распределены по категориям, относящимся к конкретным темам. Анализ собранной информации подразумевал извлечение того, что было релевантным, сортировку информации, интерпретацию определенных частей для повышения ясности и добавление деталей майнера для поддержки намеченных идей.

Были подтверждены этапы проверки, начиная с достоверности данных и информации и заканчивая надежностью. Были найдены интервью, подтверждающие первоначальную цель

их (достоверные), а также достоверность эмпирических результатов оказались очень надежными.

Этап отчета был проведен авторами, которые представили эмпирические результаты интервью в виде письменного текста. Все результаты, полученные из всех источников, можно найти в главе «Результаты» настоящего отчета. Высоко ценился академический стиль письма, а манера письма - научная.

3.2.2 Наблюдения

Во время интервью респонденты намеревались показать авторам экран своего компьютера, чтобы представить модель проекта, как ее видят все участники проекта, независимо от знания BIM. Авторы делали заметки и на основании того, что было показано, задавали дополнительные вопросы. Эти результаты наблюдений будут вскоре представлены в главе о результатах. Эти наблюдения будут обсуждаться позже, в главе обсуждения.

3.2.3 Сбор вторичных данных

В качестве второстепенных данных для магистерской работы авторы получили разрешение на анализ проведенного интервью с клиентом (например, STA). Экзаменатор магистерской диссертации в университете взял интервью у координатора BIM, который в настоящее время работает на исследуемом крупном проекте строительства инфраструктуры в городе. Координатор BIM активно участвует в проекте и имеет значительный опыт работы на стороне клиента, и на данный момент он участвует во всех подпроектах. В этом документе координатор BIM упоминается как собеседник 4, а собранные данные находятся в отдельном разделе в эмпирической главе.

3.2.4 Пример из практики

Исследование было проведено с целью получить более широкое представление об исследуемом проекте строительства инфраструктуры и шведском контексте проектов строительства инфраструктуры. Основная цель - подкрепить эмпирические данные актуальной и надежной информацией для проведения надежного обсуждения. Преимущества выбора тематического исследования в качестве подхода заключаются в изучении новейшей информации и компромиссе с учетом ограничений исследования, описанных в следующей главе. Тематическое исследование представлено в отдельной главе отчета.

3.4 Ограничения метода исследования

Магистерская диссертация не полностью соответствовала заранее запланированному методу исследования, с помощью которого она была предназначена. Это связано с серьезной проблемой, возникшей в процессе. В процессе написания магистерской диссертации весь мир поразила эпидемия. COVID-19 - вирус, который привел к смерти тысяч людей по всему миру и вызвал огромные экономические проблемы. Шведские строительные компании очень осторожно подходили к допуску посторонних внутрь проектных офисов. Таким образом, исследуемый проект строительства инфраструктуры не посещался, и у авторов не было возможности встретиться с участниками проекта. В результате ни на строительной площадке, ни в строительном офисе не проводилось никаких наблюдений, ни полевых исследований не проводилось.

Из-за эпидемии интервью проводились в цифровом формате через Интернет. У респондентов не было проблем с участием в онлайн-интервью, и они считали, что это им подходит лучше всего, поскольку обеспечивает достаточную социальную дистанцию между авторами и ними. Интервью проводились в соответствии с инструкциями, и почти на каждый вопрос были даны ответы. Авторы считают, что цифровые интервью были очень эффективными и менее критичными. В результате было получено больше времени и облегчения, и появились более точные и актуальные вопросы. Однако личное собеседование должно было дать больше разъяснений и обеспечить понимание некоторых вопросов. Личное собеседование будет более социальным и создаст зону комфорта, которая может вызвать интересные дискуссии и поднять критические вопросы, поскольку интервью проходили по полуструктурированному дизайну и имели некоторую гибкость. Однако, поскольку у авторов не было опыта проведения интервью, личные интервью могли быть очень стрессовыми и вызывать предвзятое понимание.

3.5 Анализ данных

Как упоминалось ранее, авторы собирали эмпирические данные из различных источников: интервью, тематические исследования, наблюдения и вторичные данные, такие как документы и интервью, проведенные не авторами. Собранные данные интервью были проанализированы с помощью цветовой кодировки. Авторы обсудили, какие данные имеют отношение к какой теме, и предоставили для этого определенный цвет. В тексте интервью авторы поэтапно отметили соответствующие области соответствующим цветом. Это позволяет авторам постепенно превращать текст интервью в управляемые данные, которые могут стать важной информацией. При анализе данных интервью также искались различные ключевые слова, такие как сотрудничество, общение, BIM и т. д. Наблюдения велись в цифровом виде, а собранные данные преобразовывались в письменный текст перед их анализом. Анализ кейса и наблюдение проходили в форме интервью. Это означает, что к данным подходили критически и в соответствии с актуальностью тем. При анализе вторичных данных в значительной степени использовался тот же подход.

3.6 Надежность и обоснованность

Как достоверность, так и надежность являются важными факторами в исследовательских отчетах и научных статьях. Используя эти факторы, можно определить ценность исследовательских отчетов и научных статей. Согласно Kvale & Brinkmann (2009), валидность указывает, соответствует ли исследуемое цели цели исследования. В то время как надежность указывает, в какой степени результатам исследования можно доверять. Результаты исследования должны быть получены при воспроизведении исследования. Для достижения высокого уровня достоверности и надежности отслеживались следующие производители:

Опрошенные были отобраны с соответствующим опытом и знаниями в отношении BIM и инфраструктурных проектов из различных участников исследуемого строительного проекта. Вопросы собеседования были сформулированы объективно и касались темы диссертации. Более того, собранные данные интервью и наблюдений сразу же анализировались. Тематическое исследование и вторичный сбор данных были актуальными и актуальными.

3.7 Этические соображения

При работе над магистерской диссертацией были приняты во внимание этические соображения. Во время подготовки к интервью авторы отправляли запросы по электронной почте с просьбой разрешить проведение интервью. Электронные письма содержали краткое описание магистерской диссертации, затронутой темы и введение самих авторов. Разрешение было получено до записи интервью, и была обещана и предоставлена полная анонимность интервьюируемых. Респонденты могли свободно отвечать или нет, и могли выражать свое мнение любым способом. Ответы на собеседованиях написаны честно и точно. Копия проанализированных данных была отправлена респондентам впоследствии, чтобы дать им возможность подтвердить, что авторы сделали из ответов на интервью. Анонимность других заинтересованных сторон в рамках строительного проекта была важным элементом, и никакой конфиденциальной информации о проекте не было.

4 ПРАКТИЧЕСКИЙ ПРИМЕР

Эта глава статьи направлена на объяснение исследуемого случая, который лежит в основе магистерской диссертации. Целью исследования было более глубокое понимание текущего состояния индустрии строительства инфраструктуры в Швеции.

4.1 Крупный проект транспортной инфраструктуры

Исследуемый проект является крупным проектом строительства транспортной инфраструктуры Швеции. Проект инициирован STA и направлен на улучшение перевозок и облегчение путешествий для пассажиров (Trafikverket 2019b). Шведская транспортная администрация (STA) отвечает за все долгосрочное планирование транспортной системы в стране (Trafikverket 2019). Этот крупный инфраструктурный проект является частью плана STA, цель которого - интегрировать всю транспортную систему целостным, стратегическим и трансграничным образом (Österberg, 2016). Однако STA не проводит никаких строительных или ремонтных работ на автомобильных и железных дорогах (Trafikverket 2019a). Основная роль STA заключается в том, чтобы действовать в качестве клиента и устанавливать требования и красные темы для строительных компаний, выполняющих проекты, а также обеспечивать выполнение требований (Österberg, 2016). Проект направлен на увеличение пропускной способности железных дорог в одном из крупнейших городов Швеции в два раза. Речь идет о строительстве двухпутной железной дороги в тоннеле под городом. Проект имеет длину около 8 километров и состоит из нескольких крупных значительных фаз (сегментов) (Trafikverket 2019b). Пригородные и городские поезда будут проходить через туннели, освобождая место для поездов других типов.

4.1.1 Подпроект в фокусе

Крупный проект строительства инфраструктуры разделен на несколько строительных подпроектов, контракты на которые были заключены с различными подрядчиками. Продолжительность подпроекта оценивается в половых годах и, таким образом, он будет завершен в течение 2023/2024 годов (Brunbäck, 2014). Подпроект протяженностью 1,8 км (TFIP, 2019) является основным предметом данной статьи. В магистерской диссертации исследовалось, как главный подрядчик этого конкретного подпроекта с другими вовлеченными сторонами осуществлял коммуникацию и сотрудничество, используя BIM в качестве инструмента.

Основным подрядчиком данного подпроекта является один из крупнейших строительных предпринимателей в шведской строительной отрасли. Подрядчик был задействован с начальной стадии, помогая установить целевую цену для проекта на основе сотрудничества с STA. Позже подрядчик получил контракт на строительство подпроекта. Через форму контракта на раннее привлечение подрядчика (ECI) подрядчик работает в тесном сотрудничестве и партнерстве с STA, выполняя планирование и оптимизацию суб-проекта. STA заявляет, что ECI выбрана в качестве формы контракта, чтобы знания и опыт подрядчика могли быть использованы в одном из самых сложных проектов в округе, и что форма контракта, согласно STA, может привести к новому сотрудничеству и производству. методы работы (Brunbäck, 2014). Проект разделен на два этапа, первый этап -

о рабочем проекте, разработке плановой стоимости, графике производства и управлении рисками. Второй этап - это собственно строительные работы на объектах. Главный подрядчик суб-проекта описывает начальную фазу как очень интенсивный период, когда в центре внимания выбор методов работы и производственные / строительные решения. Сложные технические проблемы присутствуют почти повсюду в проекте, включая такие проблемы, как рабочая среда, организация, устойчивость и экономика. Однако главный подрядчик утверждает, что совместная проектная организация выступает за более эффективное сотрудничество. С целевой ценой, разработанной в сотрудничестве с государственным заказчиком (STA), обе стороны могут безопасно перейти на этап строительства и производства проекта. Главный подрядчик заявляет, что даже на этапе строительства / производства проект остается сложной задачей. Пока ведутся подземные работы, все наземные логистические операции должны выполняться беспрепятственно. Кроме того, весь транспортный поток в городе над зоной подземного туннеля должен работать нормально и в обычном режиме. Это относится ко всем транспортным средствам, трамваям, а также к таким элементам инфраструктуры, которые не нужно нарушать, например, к линиям электропередач, водопроводу и центральному отоплению, а также к кабелям для интернета. Подрядчик называет это большой головоломкой, которую необходимо решить, когда несколько участников и заинтересованных сторон принимают активное участие на протяжении всего проекта.

Чтобы облегчить сложность подпроекта, главный подрядчик адаптирует передовой метод работы, связанный с BIM, под названием Virtual Design and Construction (VDC). Главный подрядчик относится к VDC как к новому образу мышления и подходу к инновациям в проекте с точки зрения управления информацией, совместной работы и методов работы. Отправной точкой для VDC являются информационные модели зданий (BIM). BIM-модели являются важными источниками информации, которые поощряют все запланированное сотрудничество между всеми участниками проекта.

4.1.2 Шведский контекст проектов строительства инфраструктуры

Согласно Шведской транспортной администрации (STA), BIM позволяет визуализировать проекты на этапе планирования и что существует специальная база данных, в которой накапливается вся соответствующая информация о строительном проекте (Trafikverket, 2017). STA заявляет, что BIM делает работу в шведской AEC-отрасли более эффективной, обеспечивает более высокое качество и снижает затраты в долгосрочной перспективе. Все 3D-модели, содержащие всю необходимую информацию о строительном проекте, доступны через определенную BIM it-платформу. Тем самым STA заявляет, что взаимодействие и координация в рамках строительных проектов улучшаются. Кроме того, при использовании BIM существуют менее традиционные документы, что упрощает и повышает эффективность отслеживания структуры / организации работы в проектах. STA заявляет, что лучшая коммуникация между участниками процесса строительства / строительства является результатом легкодоступной информации, которая, в свою очередь, происходит с использованием BIM.

В инфраструктурных проектах в шведской AEC-индустрии каждая дисциплина находится на стадии проектирования; например, инженер-строитель и инженер HVAC создает свою часть модели BIM (Bosch-Sijtsema et al., 2020). Затем все модели BIM собираются в одну координационную модель, которая существует на одной из платформ BIM. Существующая модель на платформе BIM дает возможность всем задействованным дисциплинам следовать

обновления, которые могут происходить с моделью BIM и управлять информационным потоком. Используя модель в центре процесса сотрудничества в интегрированном методе работы, можно было бы получить много преимуществ, таких как четкая картина и глубокое понимание всего проекта, что можно рассматривать как успешный ключ к повышению уровня между общением и сотрудничеством. Когда все заинтересованные стороны имеют одинаковое и правильное понимание всего проекта и его деталей, это облегчает процесс принятия решений и решает будущую проблему. То, как STA использует модель BIM в инфраструктурных проектах, различается в зависимости от уровня сложности проекта, но в целом можно констатировать следующее:

STA использует модели BIM для облегчения процесса проектирования и строительства, а также для повышения уровня сотрудничества и координации; создание визуализаций, оценка расчетов, проверка контроля качества, анализ модели и обнаружение потенциальных ошибок с помощью обнаружения коллизий, а также создание важной информации, такой как чертежи и таблицы (Bosch-Sijtsema et al., 2020). Все разные актеры и участники сотрудничают и работают вместе, используя единый метод работы. Используя этот метод, можно получить много преимуществ, таких как снижение рисков, проблем и неопределенностей в рамках инфраструктурного проекта, а также повышение эффективности сотрудничества и промежуточного уровня доверия. Чтобы улучшить информационный поток и промежуточный уровень сотрудничества и взаимодействия, задействованные дисциплины должны загружать модель BIM на одну из платформ BIM, а также постоянно загружать обновления и связанную информацию. Bosch-Sijtsema et al., (2020) указывают на важность определения юридических и организационных вопросов для платформы BIM. Кроме того, они добавляют, что также будет важно определиться с требованиями к форматам обмена модели BIM, таким как формат IFC, который использует ISO 19650 для стандартизации и унификации модели обмена BIM. Что касается соответствующего процесса для интегрированного метода работы, на разных уровнях требуется уникальный процесс. Например, уровень сотрудничества и договорный уровень. Чтобы в полной мере использовать потенциал BIM для совместной работы, модель BIM должна быть в центре внимания. Более того, важно сосредоточиться на основных мероприятиях в центре, а это означает, что все вовлеченные участники, дисциплины и стороны должны участвовать в совместных встречах по BIM (Bosch-Sijtsema et al., 2020). Это необходимо для обсуждения всестороннего обзора всего проекта и связанных с ним деталей на этапе проектирования, чтобы избежать ошибок на раннем этапе до начала этапа строительства. Эти встречи дают возможность обнаружить потенциальные ошибки и снизить риски и конфликты в проектах и облегчить процесс принятия решений. Для этого многие компании в Швеции начинают использовать ICE (интегрированное параллельное проектирование) в качестве интегрированного метода работы и VDC (виртуальное проектирование и строительство).

Что касается уровня договорного сотрудничества, STA решила следовать новой бизнес-стратегии, используя новые формы закупок и договоров, которые организуют и организуют сотрудничество между различными сторонами для достижения высокого уровня сотрудничества, особенно в инфраструктурных проектах с высоким уровнем сложности и неопределенность (Bosch-Sijtsema et al., 2020). Сотрудничество на контрактном уровне жизненно важно и необходимо между различными вовлеченными дисциплинами в рамках проекта, чтобы максимизировать преимущества BIM. Следовательно, большинство рекомендаций требуют обмена информацией и сотрудничества между вовлеченными дисциплинами как на этапах проектирования, так и на этапах строительства. Когда дело доходит до договорного сотрудничества в отношении BIM, STA требует, чтобы чертежи и документы могли быть созданы из BIM, что означает, что модель BIM более важна, чем чертежи и документы.

5 ЭМПИРИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Как уже было сказано, эмпирическая часть в основном строится из проведенных интервью как первичных данных, имеющейся информации об исследуемом инфраструктурном проекте, а также наблюдений авторов. В этом разделе будут подробно представлены собранные в ходе интервью данные для сравнения их со структурированной теоретической структурой, выявления различий и наблюдения за применимостью.

5.1 Первичные данные

Результат собранных данных интервью и наблюдений представлен в этой главе.

5.1.1 Команда BIM

BIM-Team - это официальная команда в рамках проекта, которая охватывает почти все остальные дисциплины в рамках проекта, такие как дизайн, планирование времени, строительство / производство, качество, окружающая среда и рабочая среда. Эта команда состоит из менеджеров по дизайну проектов из разных организаций (заказчик, подрядчик и инженеры-проектировщики) из разных дисциплин и BIM-координаторов из разных фаз проекта (стадии проектирования и производства / строительства). Эта команда работает в очень тесном сотрудничестве, и независимо от каналов связи и методов совместной работы они (команда BIM) общаются и «разговаривают» практически со всеми участниками проекта. Команда BIM отвечает за то, что затем должно быть доставлено общественному заказчику; Согласованная BIM-модель.

Что касается текущей работы с BIM, главный подрядчик проекта работает над цифровой платформой для BIM, к которой различные технические области различных организаций, участвующих в проекте, могут получить доступ для загрузки своих моделей BIM.

В начале исследуемого проекта (т. Е. На этапе проектирования) решается, какую информацию должна включать BIM-модель, которая будет предоставлена государственному заказчику, подтвердили собеседники. Он подразумевает, например, какая структура, статус модели, какие параметры и другая информация понадобится позже в проекте. Модель BIM должна включать в себя, над какими строительными сегментами будут проводиться работы, в каком статусе будет этот сегмент в конкретное время во время работы и так далее.

В проекте каждый субподрядчик и дисциплина должны загрузить свои модели BIM, относящиеся к их рабочей зоне, на цифровую платформу BIM главного подрядчика, чтобы команда BIM могла их получить, а также постоянно обновлять. У каждой компании и каждой дисциплины есть ответственный за BIM, который должен предоставить модель и убедиться, что она соответствует всем требованиям главного подрядчика и STA (т. е. Государственного заказчика). Менеджеры по проектированию проектов в этих компаниях несут окончательную ответственность за доставку BIM-моделей своей дисциплины на цифровую платформу BIM подрядчика (для команды BIM). Команда BIM может видеть, кто в какой дисциплине и компания какие модели и другие материалы поделились. Команда BIM использует эту цифровую платформу BIM (то есть подрядчиков) для координации и сотрудничества. Кроме того, эта цифровая платформа позволяет другим

планировщикам проектов, чтобы просматривать BIM-модели проекта из других дисциплин после их публикации.

Кроме того, чтобы иметь возможность просматривать все модели (согласованные) в одном месте (программе), команда BIM локально использует для этой цели другую программу / программное обеспечение. В этой программе модели сводятся / объединяются, и создается новая «скоординированная модель», каждая из которых относится к разным дисциплинам различных организаций / компаний. Данная модель является комплексной и в дальнейшем должна быть передана клиенту; STA.

Публичный клиент (STA) использует другую собственную цифровую платформу, на которой главный подрядчик доставляет / загружает окончательную координированную модель BIM. Главный подрядчик имеет возможность получить доступ к цифровой платформе BIM клиента для загрузки модели BIM и доступа к тем же материалам, что и STA.

Однако главный подрядчик может пригласить публичного клиента получить доступ к цифровой платформе BIM основного подрядчика, которая также используется в проекте. Общественный заказчик может видеть, над чем работает главный подрядчик в отношении BIM, что было сделано и кем.

Внутри дисциплин различных организаций, которые работают под руководством главного подрядчика (таких как архитектурные фирмы, консалтинговые фирмы и т. д.), для создания моделей BIM используются различные программы / программное обеспечение для моделирования. Тем не менее, есть способ увидеть все эти модели в сочетании с помощью цифровой платформы BIM главного подрядчика и увидеть будущие совпадения и критические элементы.

Цифровая BIM-платформа, по мнению всех опрошенных, является основным местом обмена информацией и совместной работы. Программное обеспечение в фоновом режиме необходимо для подробного просмотра моделей и извлечения из них файлов, таких как чертежи и спецификации определенного сегмента.

5.1.2 Последствия сотрудничества с использованием BIM

Команда BIM заявила, что BIM позволяет просматривать проект визуально, так что общение и совместная работа улучшаются, даже для тех, кто не так сильно вовлечен в проект. По их словам, BIM содержит четырехмерную модель проекта, которая представляет собой комбинацию трехмерной комплексной модели с временными рамками. Эта модель BIM позволяет видеть ход работы во времени, так что любой, у кого есть доступ, может наблюдать за ходом работы. Команда BIM заявила, что это очень коммуникативный способ реализации проекта, который длится пять или более лет и включает в себя тысячи мероприятий.

Когда во время собеседования задали дополнительный вопрос: считаете ли вы, что использование этих онлайн-инструментов, которые являются частью концепции BIM, эффективным способом общения и сотрудничества, то ответ был очень положительным. Команда BIM утверждала, что использование BIM делает вещи очень очевидными, и можно получить очень четкое представление о том, как обстоят дела в проекте. Все находятся в одной отправной точке, что очень важно, поскольку вовлечены многие заинтересованные стороны и у них есть свои специалисты, занимающиеся разными областями проекта.

Команда BIM подтвердила, что при проведении встреч и обсуждении различных тем отображение модели BIM на экране следующим образом (они ссылаются на модель на экране во время собеседования. Это «скоординированная модель», доступная в Интернете через ссылка для наглядности. Они вводили ее через интернет-браузер, без необходимости в программном обеспечении в фоновом режиме), чтобы все знали, что обсуждается, о какой части проекта идет речь и о чем идет речь.

«Это супер хорошо, и люди не должны думать« о чем мы говорим », но могут указать прямо и сказать« вот и мы »», и это экономит время, я бы сказал «» - Интервьюер 1

В проектном офисе стоит очень большая BIM-таблица. BIM-таблица - это большой сенсорный экран, на котором визуализируется BIM-модель проекта. Он связан с программным обеспечением, в котором хранится модель, и команда BIM использует таблицу BIM с целью создания общего понимания проекта. Однако каждый участник проекта, независимо от уровня знаний в BIM, может обрабатывать BIM-таблицу. Это необходимо для обсуждения тем, связанных с проектом, при повороте и просмотре модели. Команда BIM заявила, что в будущем у проектов появится возможность чаще проводить встречи за этим столом.

Из трехмерных моделей были экспортированы двухмерные чертежи для получения подробной информации для использования в различных целях, так как модели очень всеобъемлющие.

В организации главного подрядчика существует форум для общения, сотрудничества и обсуждения вопросов и моделей, связанных с BIM. В настоящее время в рамках проекта и между основным подрядчиком и субподрядчиками для обсуждения выносятся / просматриваются все модели BIM из различных дисциплин, таких как водопровод, отопление, водоснабжение и канализация. Как уже упоминалось, на этих форумах обсуждаются в основном вопросы, связанные с BIM.

У главного подрядчика и заказчика также есть общий форум, где они обсуждают актуальные вопросы BIM и сотрудничают в рамках проекта. На этих встречах в первую очередь принимают участие координаторы BIM. Тем не менее, другие основные подрядчики, ответственные за другие подпроекты, также участвуют в обсуждении вопросов BIM, поскольку BIM применяется для всего крупного инфраструктурного проекта в городе.

Что касается плавности информационного потока и эффективного сотрудничества с использованием облачной модели, был задан следующий вопрос: если вы хотите получить доступ к подробной информации для конкретного элемента в проекте, есть ли подробная информация в модели, которая легко доступен через облако? Ответ респондента 2 был отрицательным и заявил, что облачная модель доступна для визуализации. Ссылаясь на последующие вопросы, он продолжил, что это возможно сделать в другой модели, поскольку эта модель находится в облаке, и никакое программное обеспечение не запускает ее в фоновом режиме. Он сообщил, что еженедельно проводятся встречи для обсуждения строительной / производственной части с BIM. На этих встречах используется полная версия модели, а подробную информацию можно легко экспортировать. Каждый, кто участвует в проекте и производстве / строительстве, может прийти и узнать, какие последующие шаги будут сделаны, и создать свою собственную точку зрения. Хотя на этих еженедельных собраниях может присутствовать 20-25 человек, обсуждающих WDP (рабочий план), это становится очевидным, и каждому участнику нужно только обдумать то, над чем нужно работать, и отметить их. Затем рассылается копия, определяющая, что нужно делать каждому. Следовательно, никто не может позже сказать

что они не знали, что делать. Это делает рабочий процесс более эффективным и менее тревожным.

Однако в будущем респондент 2 заявил, что на этапе производства / строительства потребуется более широкое внедрение BIM, и что он должен быть достаточно хорошим, чтобы заменить текущие 2D-чертежи. Также существует потребность в автоматизации процесса поиска и нахождения конкретной информации, и этим тоже нужно легко управлять.

Кроме того, на вопрос, появятся ли в будущем новые роли в отношении BIM, респонденты 1 и 2 дали положительный ответ. Они разделили то же мнение, заявив, что строительной отрасли определенно еще немного осталось заняться BIM. Они отметили, что независимо от того, где в организации, BIM будет использоваться все больше и больше в будущем.

«Думаю, это будет на всех этапах и повлияет на всю работу». - Интервьюер 1

Наличие BIM и работа на цифровой платформе очень эффективны, когда речь идет о планировании размещения различных материалов на объекте. Возможность доступа к моделям в процессе строительства / производства без необходимости установки программ в фоновом режиме легко достижима и является решающим фактором. Все обновления в проекте видны, так как ортофотоплан делается раз в месяц. В дополнение к этому, можно иногда добавлять в модель дополнительную информацию о различных вещах в проекте, таких как новые контейнеры, дороги и места для кранов. То, что уже есть на строительной площадке, может быть добавлено в модели в качестве обновлений, например, строительные дороги и контейнеры.

В производстве / строительстве общение и сотрудничество предпочтительно осуществляются в цифровой форме, поскольку в строительстве / производстве существует несколько подразделений, таких как рабочая группа по бетону, рабочая группа по земле / грунту и т. Д., Коммуникационный поток более цифровой. Это помогает находить решения (в цифровом виде) для полевых вопросов, а также заранее заказывать различные материалы. Это сделано для упрощения рабочего процесса и создания четких цифровых решений.

При планировании строительной площадки респондент 2 заявил, что они используют BIM для WDP. Это нужно для понимания того, где, например, должны быть размещены различные материалы на объекте. По словам собеседника 2, использование BIM в этой части работы очень важно.

Интервьюируемый 2 заявил, что при строительстве / производстве в модели не вносятся изменения и что модели в основном просматриваются, что отлично работает. Для инспекции в полевых условиях 3D-модели не используются. Модели являются основой используемых файлов / чертежей в формате 2D-pdf. Он продолжил, что проектирование - это работа менеджеров по дизайну / проектировщиков, а производство / строительство - исполнитель, который получает все готовые документы.

5.1.3 Коммуникация и сотрудничество с BIM и без него как инструмента.

Вкратце, обмен моделями BIM проекта и другими материалами между участниками происходит не по электронной почте, а на цифровой и легкодоступной платформе BIM. Типичное

общение и сотрудничество (например, электронная почта, телефонные звонки, встречи) в проекте осуществляется через обычные каналы связи и методы совместной работы.

Встречи в проектном офисе предпочтительнее, чем физические, чтобы свести к минимуму недопонимание в проектах. В настоящее время все встречи и согласования проводятся онлайн из-за текущей проблемы пандемии. Обычно в рамках проекта используются типичные каналы связи, а для ответов на конкретные вопросы конкретных лиц используются электронные письма и телефонные звонки, а также другие доступные инструменты совместной работы, доступные в компаниях. Каналы коммуникации не всегда оптимальны, и задача состоит в том, чтобы найти адекватный уровень коммуникации. Самая большая проблема, связанная с коммуникацией и сотрудничеством в проекте, заключается в том, что проектная организация огромна, и в нее вовлечено много людей. Например, сотрудничество с пятью участниками проекта, которые позже распространят информацию среди своих организаций и дисциплин, может в конечном итоге вызвать ненужную работу для определенных людей. Информация достигает сотрудников, которые не имеют отношения к проблеме, но все же принимают часть распространяемой информации и пытаются понять ее и действовать соответственно.

«Один из них переполнен электронными письмами и информацией о вещах, с которыми вы не работаете, но все же помещены в них, тогда настанет время, чтобы действительно уйти в ненужную работу». - Интервьюируемый 1

Самая большая проблема с BIM заключается не в том, что она не очевидна и не достаточно проста для понимания моделей и различных элементов, а скорее в способности делиться этими моделями друг с другом. Проблема заключается в координации между различными рабочими группами. Есть много людей в разных подразделениях, таких как «Бетон-запад и Бетон-восток, Земля / Почва, Электропроводка, Вода и Электричество». Как заявил собеседник 2, согласовать все это непросто. Поэтому есть, например, еженедельные встречи, на которых обсуждают WDP, где используются полные BIM-модели проекта. Эти встречи длятся около 45 минут, на них подробно рассматривается проект от западной стороны до моста (интервьюируемый называет мост, который также включен в контракт, как подпроект, за который также несет ответственность главный подрядчик). Кроме того, во время интервью интервьюируемый намеревался показать авторам экран своего компьютера, чтобы показать им макет проекта.

Респонденты действительно использовали онлайн-платформу BIM, которая содержала модель проекта только для визуализации. Эта цифровая платформа BIM не является всеобъемлющей (скоординированной моделью), в которой объединены все модели каждой дисциплины, а скорее более простой версией. Эта цифровая платформа была доступна через интернет-браузер, и дополнительное программное обеспечение не работало в фоновом режиме. Авторы могли видеть / наблюдать на показанной модели, где географически начался и закончился проект, и как выглядела окружающая среда вокруг отмеченной области (например, строительной площадки). Различные этапы / разделы проекта были отмечены цветными кодами, чтобы каждый раздел / сегмент был легко визуализирован. Каждый раздел был помечен текстом. Авторы увидели, как легко получить доступ к документации по проекту на платформе. Документы были вызваны в явном поисковом патче, и никаких дополнительных действий для доступа к этим документам не требовалось. Хотя онлайн-модель не может быть изменена, есть возможность проводить измерения. Авторы изучили доступные инструменты и функции цифровой онлайн-платформы, а также возможность измерения, захвата изображений, поворота и ориентации в рамках модели. Однако в этой версии нельзя было показать подробную информацию. Но были показаны окружающая среда, дороги, жилые дома, а также железные дороги и другие границы.

На вопрос, все ли участники проекта хорошо знакомы с BIM, и подчеркнули, можно ли это рассматривать как проблему, ответ был «нет». По словам респондентов 1 и 3, все участники проекта по-разному знают о BIM и могут спросить команду BIM, когда что-то неясно. Однако цифровые платформы для BIM очень дружественны к BIM, и без другого программного обеспечения в фоновом режиме и без значительных знаний о BIM можно ориентироваться в 3D-моделях и понимать их содержимое. В дополнение к этому, руководства по BIM были созданы, среди прочего, командой BIM, а также видеоуроками о том, как следует обрабатывать определенные моменты. Другими словами, каждый, кто участвует в проекте, имеет разный уровень знаний о BIM, и что руководства по BIM могут помочь расширить знания о BIM.

5.1.4 Сеть проекта - Команда BIM

Все участники подчеркнули необходимость совместной работы в рамках проекта в одной команде. Хотя участники не упомянули какую-либо «сеть проектов», они указали на важность работы с одной и той же отправной точки и необходимость придерживаться одного и того же плана и методов работы. Фактически, команда BIM отказалась от отдельного собеседования и утверждала, что ее следует опрашивать как «команду».

Команда BIM состоит из разных участников, технических областей и дисциплин из разных организаций. Они работают как одна команда на межорганизационном уровне, где BIM объединяет их для достижения общей основы. Собеседник 1 заявил, что, несмотря на то, что BIM находится в центре внимания проекта, он также затрагивает многие ключевые элементы проекта и что почти все так или иначе затронуты этим. Например, с помощью BIM собеседник 1 работает с руководителями планировщиков, инженерными консультантами, клиентами и даже со строительным отделом. Интервьюируемый 3 работает с другими руководителями-планировщиками и консультантами и считает, что BIM объединяет людей и укрепляет сети, когда они используются. Интервью 2 работает в основном с прорабами из разных строительных подразделений и «блок-менеджерами» в руководстве строительства. Однако в команде BIM все они работают вместе и делятся тем, чему они научились в результате взаимодействия с упомянутыми областями и дисциплинами.

Все встречи и форумы, посвященные BIM, в настоящее время проходят онлайн, отчасти из-за эпидемической ситуации. Тем не менее, все они четко заявили, что они готовы время от времени физически встречаться вокруг BIM, чтобы вместе исследовать модели, и что не все встречи должны проводиться онлайн с использованием программного обеспечения. Это сделано для того, чтобы свести к минимуму недопонимание и улучшить сотрудничество и сеть проектов, внутри которых они находятся.

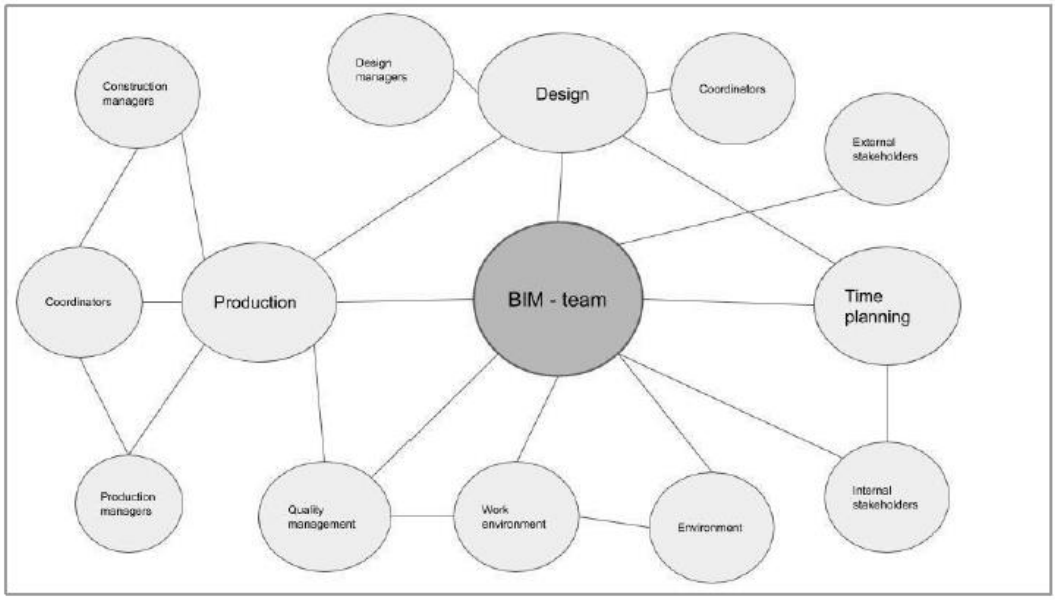

Рис. 10. Проектная сеть, состоящая из различных участников, дисциплин и подразделений в рамках проекта - это показывает, как BIM-команда занимает центральное положение, фигуру авторов.

В последующем вопросе, который был отправлен интервьюируемым, с вопросом о том, с кем они в основном работают в качестве актеров и других участников проекта, они ответили «почти все». На рисунке выше «частично» показаны дисциплины, подразделения, роли и т. Д., С которыми работает команда BIM.

В таком сложном и большом строительном проекте, как этот, есть внешние и внутренние заинтересованные стороны, которым необходимо проявлять осторожность и дополнительные соображения. Под внешними заинтересованными сторонами подразумеваются те, кто работает над всем инфраструктурным проектом в городе (то есть другие основные подрядчики для других подпроектов). Также те, которые работают над другими наземными проектами и могут включать железнодорожные компании, торговые центры и коллективные транспортные компании. Внутренние заинтересованные стороны - это те, кто работает в рамках того же подпроекта, за который отвечает главный подрядчик. По их словам, BIM помогает координировать различные рабочие моменты между различными участниками проекта. BIM также помогает ответить на вопросы заинтересованных сторон и удовлетворить их требования, а также приблизить мнения и взгляды.

5.2 Вторичные данные

В этом разделе представлены вторично собранные данные на основе интервью, проведенного экзаменатором магистерской диссертации в университете.

5.2.1 Внешнее интервью

Со стороны клиента (STA) значительный объем работ, связанных с BIM в крупном инфраструктурном проекте, заключается в обеспечении выполнения требований основным подрядчиком. Это подразумевает все результаты, такие как доставка 3D-моделей и другая

критическая информация. Речь идет об обеспечении того, чтобы информация, предоставляемая основным подрядчиком, была последовательной, надежной и актуальной. Тем не менее, обсуждение этого способа происходит в проектном офисе / отделе, где задействован координатор BIM, а также команда BIM. Такие обсуждения связаны с BIM и могут касаться того, как и когда поставить некоторые спроектированные элементы на этапе строительства. Координатор BIM заявил, что присутствие в офисе проекта является преимуществом, поскольку присутствуют и другие координаторы BIM из разных областей. Главный подрядчик проекта может получить доступ к цифровой платформе BIM государственного заказчика и посмотреть, что будет поставлено, поскольку он несет ответственность за доставку.

В настоящее время многие подрядчики в строительной отрасли используют передовые облачные цифровые платформы для BIM и постоянно ищут способы доставки моделей и материалов BIM для проектов, используя удобный и комплексный подход. Однако в настоящее время STA не рассматривает возможность адаптации этих облачных цифровых платформ BIM, поскольку платформа принадлежит подрядчику. Общественный заказчик не может выбирать одну платформу вместо другой, поскольку это государственное учреждение и должно быть нейтральным. Однако, согласно интервью, координатор BIM считает, что не все должно быть в облаке; следовательно, STA внимательно относится к тому, что должно быть передано (то есть загружено в облако).

Для строительных работ объекты / сегменты в настоящий момент при проектировании разделяются на более мелкие пакеты и должны быть доставлены на цифровую платформу BIM STA. Тем не менее, STA стремится минимизировать случайные поставки от подрядчиков, особенно эти меньшие пакеты более заметных строительных элементов / сегментов. Тем не менее, STA должна иметь возможность проверять и анализировать результаты, чтобы гарантировать, что требования, вероятно, выполнены. В этом и других инфраструктурных проектах существуют строгие правила для исследования / контроля результатов, и это очень важно.

Однако координатор BIM рассматривает BIM только как рабочий инструмент; что BIM преодолевает барьеры, помогает находить реализации (например, цифровые решения). Он может более разумно упаковывать информацию и более разумно передавать информацию ответственным лицам на строительных площадках (например, руководителям строительства), облегчая выработку общего понимания. Это может означать визуализацию критических аспектов проекта с использованием 3D-модели, например, чтобы показать, где находятся деревья в зоне строительства, чтобы ответственные люди со стороны подрядчика позаботились о них. Еще одна реализация BIM в исследуемом проекте на данный момент - это координация между дисциплинами, включая, среди прочего, контроль конфликтов. Организация проекта в последнее время увеличилась, и новые сотрудники присоединились к проекту как в STA, так и в проекте в целом (например, в других вовлеченных организациях). Многие сотрудники новички в своих ролях, они еще не привыкли к системе документации STA и нуждаются в поддержке. Таким образом, обсуждения с подрядчиками проекта относительно методов работы BIM и того, как они работают в своих системах, в отличие от того, как это делает STA, происходят время от времени.

6. АНАЛИЗ И ОБСУЖДЕНИЕ

В этой главе эмпирические результаты анализируются и обсуждаются с использованием теоретической основы. Раздел обсуждения призван дать ответы на основные исследовательские вопросы магистерской диссертации.

6.1 Что вообще можно сказать?

Литература показала, что договорная основа для совместной работы имеет важное значение для обеспечения высокой производительности труда и выполнения обязательств в рамках строительных проектов (Mosey, 2009), но также и потому, что управление сотрудничеством в многогранных крупных строительных предприятиях проблематично и требует эффективных инструментов различного рода. (Чаккол и др., 2018). В целом, что можно сказать о взаимодействии и сотрудничестве в исследуемом проекте строительства инфраструктуры с использованием BIM между вовлеченными сторонами, так это то, что это возможно благодаря договорному покрытию / основанию. Форма контракта ECI (Раннее вовлечение подрядчика) позволяет главному подрядчику участвовать в начале проекта (на этапе проектирования), определяя, какими должны быть BIM-модели проекта, включая Lloyd-Walker and Walker, 2015). Благодаря этому совместному контракту была создана команда в рамках исследуемого строительного проекта, которая работает только с проблемами, связанными с BIM; BIM-команда. Команда BIM - это официальная команда в рамках проекта, которая поддерживает связь практически со всеми областями проекта, такими как дизайн, планирование времени, строительство / производство, качество, окружающая среда и рабочая среда. Эта команда состоит из менеджеров по дизайну проектов, координаторов BIM и данных из разных организаций (заказчик, подрядчик и проектные фирмы), дисциплин и этапов (этап проектирования и производства / строительства). В BIM-команде публичный клиент присутствует благодаря тому, что координатор данных действует как клиент, взаимодействующий с остальной частью команды. BIM-команды работают вместе в очень тесном сотрудничестве, и независимо от каналов коммуникации и методов совместной работы они общаются и «разговаривают» практически со всеми участниками исследуемого проекта. Команда BIM отвечает за то, что затем будет доставлено в виде моделей BIM на публичную клиентскую платформу BIM; Согласованная BIM-модель. Это действительно подтверждает то, что содержится в литературе о BIM как инструменте в строительных проектах на основе BIM (Bradley et al., 2016), но не то, что приходит к командам BIM. В литературе BIM не так много обсуждается в виде команд. Он рассматривается скорее как отдельные отдельные роли, выполняющие определенные задачи, касающиеся моделей BIM (Sacks et al., 2016). Таким образом, подход к BIM как к инструменту в сложных строительных проектах с упором на команды рассматривается как новое понимание, которое не так хорошо известно исследовательскому сообществу.

Однако то, что эмпирически установлено относительно функциональности BIM как инструмента для коммуникации и сотрудничества внутри исследуемого проекта, подтверждается литературой по BIM.

6.2 Как BIM используется в качестве инструмента связи и сотрудничества между различными участниками проекта?

В литературе, касающейся BIM, описывается, как различные дисциплины создают модели BIM с использованием соответствующих процессов, чтобы в конечном итоге улучшить взаимодействие и сотрудничество. По данным Eastman et al. (2011), модель BIM создается по дисциплинам в проектах, которые содержат соответствующую информацию, такую как настройки, размеры, материал и стоимость. Эта информация используется для анализа и моделирования в проекте (Eastman et al., 2011). Позже созданные модели BIM загружаются на цифровую платформу BIM (Azouz et al., 2014), чтобы создать активный канал связи между дисциплинами. Это сокращает ненужное время, затрачиваемое на неэффективное общение, и вместо этого фокусируется на качестве проекта (Nguyen et al., 2018). Эмпирическим путем установлено, что команды различных дисциплин создают свои модели BIM для проекта. Каждая отдельная дисциплина на этапе проектирования создает свою часть модели BIM и вставляет связанные данные и информацию в элементы BIM. Затем все модели собираются в одну большую согласованную модель, которая размещается на цифровой BIM-платформе. Модель BIM, находящаяся на платформе BIM, дает возможность всем вовлеченным сторонам отслеживать происходящие обновления и управлять информационным потоком. Это подтверждает то, что говорится в литературе о создании активного канала связи, способствующего сотрудничеству между дисциплинами.

Эмпирическим путем установлено, что главный подрядчик исследуемого проекта, благодаря очень тесному сотрудничеству с государственным заказчиком (STA), лучше понимает, что ожидается в качестве модели BIM для проекта, чтобы его можно было контролировать и проверять в соответствии с требования, спецификации и стандарты. Государственный заказчик может легко получить доступ к цифровой BIM-платформе главного подрядчика и изучить, что выполняется. Такое тесное сотрудничество способствует определенному уровню гибкости, прозрачности и более очевидному представлению о методах работы. Это подтверждает то, что содержится в литературе относительно гибкости, которую эти типы сложных проектов (Winch, 2009, Dainty et al., 2007) должны обеспечивать между вовлеченными основными участниками, чтобы адаптироваться к будущим изменениям и непредсказуемым обстоятельствам (Eriksson et al. al., 2017) и реализовать успешный проект. Такое тесное сотрудничество в значительной степени уменьшает недопонимание и предотвращает будущие ошибки, которые могут стоить значительного количества времени и денег, а также общей задержки проекта. В литературе Walker et al. (2017) утверждает, что действительно существует огромная связь между тесным сотрудничеством и более высокой производительностью труда; забота о неопределенностях проектов и реализация ценных проектов, что подтверждается эмпирическими выводами.

Литература показала, что модель BIM и ее коммуникативные особенности помогают в достижении целей проекта. По данным Eastman et al. (2011), некоторые из основных коммуникативных функций модели BIM заключаются в том, чтобы предоставить участникам проекта четкую визуализацию, глубокое понимание и всесторонний обзор всего проекта; на ранней стадии проектирования. Это приводит к уменьшению непонимания, конфликтов и меньшему количеству встреч по вопросам координации и сотрудничества (Azhar et al., 2012). Литература также показала, что модель BIM может использоваться для контроля конфликтов и другого анализа. Этот анализ помогает обнаруживать ошибки на ранней стадии проектирования (Айбину и

Пападониколаки, 2016). Например, BIM-модель может использоваться при снятии расчетов. В результате это приводит к экономии времени, денег, усилий, а также снижает риск дорогостоящих конфликтов на этапе производства (Eastman et al., 2011). Это подтверждается, поскольку эмпирические данные показали, что использование BIM обеспечивает более глубокое понимание и более четкую картину всего проекта, что рассматривается как ключевой элемент для повышения уровня взаимодействия и сотрудничества, а также для лучшего взаимодействия сотрудников и решения будущих проблем. .

По данным Azhar et al. (2012), участники могли использовать BIM-модель для создания 4-х мерной модели, соединив 3D-модель с графиком действий. Модель BIM также помогает подготовить план WDP, который позволяет подрядчикам организовать строительную площадку. Еще одна особенность заключается в том, что он предлагает эффективный способ управления изменениями в модели BIM. Как упоминалось в теории, если в проекте происходят какие-либо изменения, программное обеспечение BIM автоматически, быстро и точно обновляет модель BIM и соответствующие документы (Eastman et al., 2011). Кроме того, эмпирические данные подтвердили то, что упомянуто выше относительно 4D-моделей, и показали, что 4D-модель обычно создается путем подключения 3D-модели к временной шкале действий. Эта особенность BIM в проекте позволяет участникам видеть ход работы относительно времени, и поэтому 4D считается очень коммуникативным подходом. Кроме того, результаты эмпирических данных показывают, что BIM используется в процессе координации как на этапе проектирования, так и на этапе строительства; для визуализации, расчетов, контроля качества и обнаружения коллизий, а также создания важной информации для создания связанных чертежей. В результате наблюдается, что это снижает риски, проблемы и неопределенности в рамках инфраструктурного проекта и повышает уровень взаимодействия, сотрудничества и промежуточного уровня доверия. Кроме того, эмпирические результаты показали, что участники используют модель BIM для Плана размещения работ (WDP), другими словами, для организации строительной площадки, например, для добавления новых контейнеров, дорог и мест для кранов; что подтвердило то, что было найдено в литературе, как указано выше.

Согласно литературным источникам, все заинтересованные стороны в рамках инфраструктурного проекта обычно участвуют в физических встречах, таких как ICE, чтобы повысить уровень сотрудничества и общения, решить будущие проблемы и достичь конечных целей проекта (Chachere et al., 2009). Участвующие в проекте участники используют VDC для лучшего понимания всего проекта, поскольку он обеспечивает всесторонний виртуальный обзор всего проекта на всех этапах (Khanzode et al., 2006). Результаты эмпирической части подтверждают и указывают на то, что многие компании в Швеции используют ICE как интегрированный метод работы, а также VDC. Использование ICE способствует повышению эффективности работы BIM в строительной отрасли за счет объединения всех вовлеченных сторон в одном месте для решения проблем на ранней стадии проектирования. В то время как VDC - это рабочая методология управления многопрофильной моделью для достижения критериев успеха и целей проекта. В литературе показано, что VDC обычно используется с определенным методом, таким как Big room / I Room, и что ICE поддерживает работу над моделью BIM (Garcia et al., 2004). В литературе показано, что для правильного внедрения VDC в строительные проекты руководителям проектов следует выделить постоянную рабочую зону или офис для устройств и действий VDC. VDC и ICE обычно работают вместе и дополняют друг друга. VDC необходимо, чтобы все члены проектной группы встретились на ранней стадии проектирования, чтобы

создать BIM-модель для всего проекта (Kunz and Fischer, 2012). Литература также показала, что традиционные каналы связи все еще работают даже в проектах на основе BIM (Eastman et al., 2011). Эти каналы связи включают электронную почту, телефонные звонки, видеоконференции. Тем не менее, физические встречи по-прежнему являются более эффективным и действенным каналом связи в рамках проектов на основе BIM.

Что касается практических результатов упомянутых соответствующих процессов BIM в рамках исследуемого инфраструктурного проекта, эмпирические результаты указывают и подтверждают, что традиционные каналы связи, такие как электронная почта и телефонные звонки, все еще используются в исследуемом инфраструктурном проекте. Более того, для всех проектных групп из разных областей важно и жизненно важно участвовать в очных встречах и обсуждать весь проект и его детали. Эти встречи дают возможность обнаружить ошибки на этапе проектирования и избежать их перехода на этап выполнения. В результате личные встречи снижают риски и конфликты в проектах и облегчают процесс принятия решений.

В литературе обнаруживается, что общение и сотрудничество между различными участниками крупных и сложных строительных проектов являются фактором успеха (Mosey, 2009) и необходимым элементом, и что существует серьезная связь между проектным сотрудничеством, коммуникацией и производительностью работы (Oraee и др., 2019). Таким образом, существует важный потенциал для устранения неопределенностей в сложных проектах посредством эффективного взаимодействия и сотрудничества (Walker et al., 2017), и это сотрудничество предпочтительнее, чем способ реализации сложных и крупных проектов строительства инфраструктуры (Chakkol et al. др., 2018). Это подтверждается эмпирическими данными, поскольку установлено, что каналы связи не всегда оптимальны, и задача исследуемого проекта состоит в том, чтобы найти адекватный уровень общения, чтобы улучшить сотрудничество между различными участниками проекта. Самая большая проблема, связанная с коммуникацией и сотрудничеством в исследуемом проекте, заключается в том, что проектная организация огромна. Проблема заключается в координации между различными рабочими группами. В нем задействовано много людей из разных подразделений в разных организациях, и координация всего этого в рамках исследуемого проекта является сложной задачей. В литературе подтверждается, что крупные проекты строительства инфраструктуры охватывают сотни рабочих и десятки заинтересованных сторон (Sears et al., 2015), что требует эффективного взаимодействия и более тесного межорганизационного сотрудничества и координации. В литературе утверждается, что сложность крупных строительных проектов проистекает, среди прочего, из двусмысленностей и неопределенностей в проекте на разных уровнях (Geraldi et al., 2011), даже когда разумная и достаточная информация о проекте доступна. Это также рассматривается эмпирически и подтверждается респондентами как главная проблема исследуемого проекта. Видаль и Марл (2008) обнаружили, что организационная сложность в крупных строительных проектах считается доминирующей категорией сложности и включает 70% всех факторов сложности. Литература и тематическое исследование показали, что организационная сложность состоит, среди прочего, из сложности контекстов, которые подразумевают взаимодействие между участниками, вовлеченными в проекты, с учетом разнообразия и сложности мероприятий и действий, осуществляемых через вовлеченных субъектов. Эмпирические данные подтвердили и показали, что для уменьшения организационной сложности, как описано выше, встречи в одном месте, например, в офисе проекта, являются преимуществом. Это потому, что в офисе проекта присутствуют другие участники и действующие лица проекта, такие как координаторы BIM, где может происходить сотрудничество и обсуждение.

6.3 С точки зрения проектной сети, как BIM действует как связующее звено между участниками проекта?

Литература показала, что не существует конкретной методологии подхода к строительным проектам как к сетям (Steen et al., 2018). Применение сетевого представления к проектам объясняет динамические системы проектов, как если бы проекты были сетями (Steen et al., 2018), и для этого необходима терминология. Терминология сетевой точки зрения под названием «Анализ социальных сетей» (SNA) используется из-за того, что она умеет изучать и объяснять динамическую систему проекта (Steen et al., 2018). Проекты рассматриваются как сети (например, теория сетей проектов), исследуя отношения между участниками, ресурсами и процессами в проектах, а также изучая силу их связей. Отте и Руссо (2002) подтвердили, что СНС - это приложение теории сетей и стратегия исследования, среди прочего, форм сетей. В литературе утверждается, что строительные проекты редко выполняются изолированно от внешних сторон (Engwall, 2003) и что разные участники из разных дисциплин и организаций участвуют в сотрудничестве, заботясь об элементах различных проектов, стремясь достичь наилучшего общего результата (Bakker et al. др., 2016). При применении сетевой линзы участники исследуемого проекта могут быть представлены как узлы, а BIM - как связующее звено. В исследуемом проекте присутствует широкий спектр различных строительных фирм и организаций, сотрудничающих в реализации проекта. Главный подрядчик работает рука об руку с государственным заказчиком, субподрядчиками и консультантами. Команда BIM включает в себя все компетенции, необходимые для достижения целей проекта и создания успешного продукта. Практически нет обособлений по узлам внутри проекта и по BIM. По словам опрошенных, команда BIM работает и «разговаривает» почти со всеми участниками проекта, помогая и направляя столько, сколько необходимо. Совершенно очевидной «связью» между командой BIM и всеми другими отделами и участниками проекта является BIM. Таким образом, BIM рассматривается как очень прочная связь, которая связывает всех участников проекта и в значительной степени улучшает взаимодействие и сотрудничество в рамках проекта.

6.3.1 Сила BIM как связующего звена и центральная роль BIM-команды как узла

Согласно теории, через связи в сетях информация может передаваться от одного субъекта к другому, но также могут передаваться знания и идеи (Borgatti and Halgin, 2011). BIM как связующее звено в рамках проекта является средством, посредством которого участники проекта связываются вместе, поскольку команда BIM подтвердила, что общение и сотрудничество в отношении моделей BIM в основном происходит через цифровые платформы BIM. Никакие модели BIM не используются и не обрабатываются традиционными каналами связи или методами совместной работы. Несмотря на то, что индивидуальное общение по-прежнему осуществляется с помощью электронной почты и телефонных звонков, работа с BIM в основном осуществляется через цифровые платформы. Это делает BIM очень прочным и надежным связующим звеном между различными командами и организациями проекта.

Теоретически Боргатти и Халгин (2011) классифицируют связи сетей по двум категориям: связи состояний и событий, где первая является непрерывной и устойчивой, происходящей между разными иерархическими уровнями в проектах, а вторая возникает посредством временных коммуникаций и сотрудничества, таких как отправка электронных писем по адресу сотрудник. В исследуемом проекте авторы считают, что BIM объединяет и объединяет два типа связей и помогает представить новую, совместную связь. Таким образом, мы приходим к выводу, что BIM можно назвать совместной связью, поскольку она охватывает длительные и постоянные отношения между людьми (например, государственную связь (Borgatti and Halgin, 2011)) и короткую и очень точную связь (например, связь событий (Borgatti). and Halgin, 2011)) в то же время и в том же контексте. Нет никакой коммуникации относительно моделей BIM, которая происходит через традиционные каналы связи, ни какой-либо работы, выполняемой традиционным способом: высший заказывает низшего. Текущее сотрудничество через BIM носит межорганизационный характер. Таким образом, BIM действительно создает атмосферу отношений в проекте и обеспечивает связь между всеми участниками.

В исследуемом проекте BIM занимает центральное место и затрагивает почти каждую часть проекта. Независимо от сложности исследуемого проекта, BIM объединяет всех и помогает достичь даже самых дальних сторон проекта как физически, так и организационно, например, дисциплины и отделы, расположенные далеко в организационной иерархии. Теория утверждает, что сети могут содержать меньшие несвязанные компоненты (то есть небольшие несвязанные сети в рамках всеобъемлющей сети) (Borgatti and Halgin, 2011), и что никакое вещество не может течь между этими компонентами, пока они не будут повторно подключены (Borgatti et al., 2013). Значение вещества, которое может течь, в этом контексте может означать эффективную коммуникацию между всеми вовлеченными участниками и их различными техническими дисциплинами. В рамках исследуемого проекта респонденты подтвердили, что одной из основных проблем является координация работы между всеми задействованными техническими областями из разных дисциплин и организаций, и что BIM эффективно решает эту проблему, являясь инструментом коммуникации и сотрудничества, как обсуждалось ранее в предыдущем разделе. Даже когда дело доходит до всех форумов BIM, которые главный подрядчик проекта организует с другими участниками, такими как клиенты и субподрядчики, BIM буквально является связующим звеном, которое объединяет всех этих участников в одной области. BIM позволяет визуально просматривать проект, что улучшает общение и сотрудничество между всеми участниками, даже со стороны, не участвующей в проекте.

Тем не менее, объединение всех этих разрозненных команд и технических областей в рамках проекта и предоставление им возможности работать вместе, возможно через команду BIM как центральную часть проекта. Согласно теории, центральность узла (в данном контексте; команда BIM) в конкретной сети (проекте) зависит от того, сколько связей имеет этот узел (Otte and Rousseau, 2002), насколько важен узел в сети. сети (Bavelas, 1948) и насколько влиятельным является этот узел (Casciaro, 1998). Центральность получает свое определение от того, где узел расположен в сети, с какими узлами он связан и функционирует ли он как мост между компонентами сети или нет. Все это подразумевает BIM-команду в проекте, поэтому авторы считают, что BIM-команда является узлом с высокой степенью централизации в сети проекта. Прежде всего, промежуточность - это то, что может характеризовать команду BIM в проекте, поскольку команда BIM охватывает почти все дисциплины и близка и легко доступна для всех, кто участвует в проекте. Это подтверждают собеседники, заявившие, что независимо от знания BIM каждый, кто имеет доступ к проектному офису, может получить четкое представление о ходе проекта и вырастить

понимание того, что было сделано и кем. Это подразумевает, что даже рабочие на первом уровне, которые почти не знают BIM, могут использовать огромную BIM-таблицу, с которой дружелюбно обращается каждый, кто помогает повысить уровень коммуникации проекта и производительность труда.

Тем не менее, для того, чтобы иметь высокую степень центральности, теория утверждает, что необходима престижная центральность, и описывает, насколько важен конкретный узел, исходя из важности связанных узлов (Borgatti et al., 2013). Эмпирически установлено, что команда BIM в исследуемом проекте имеет высокую степень престижности, исходя из того, что они заявили. По мнению авторов, работа BIM-команды помогает удовлетворить потребности различных заинтересованных сторон в проекте, которые считаются очень важными узлами в проектных сетях. Чтобы работа поддерживалась стабильным рабочим процессом, заинтересованные стороны и другие лица, участвующие в проекте, должны проявить огромное внимание. Это подразумевает, что даже среда, в которой расположена строительная площадка, и, таким образом, весь транспортный поток, который идет на поверхности, является очень важными узлами и имеет высокую престижность.

Они заявили, что справляться с изменениями и обеспечивать выполнение требований участников (вовлеченные заинтересованные стороны, заказчик, субподрядчики и т. Д.) - это то, чем занимается команда BIM. И это, на первый взгляд, делает команду BIM очень центральной осью, вокруг которой вращается исследуемый проект, заключаем мы. С другой стороны, надежность / силу BIM как связующего звена в проекте можно заметить, наблюдая за тем, насколько он помогает создать общее понимание, решить технические проблемы, столкнуться с непредсказуемыми изменениями, снизить затраты, четко разделить работу и показать обязанности и повысить эффективность общая эффективность работы в проекте.

Однако важно иметь в виду, что BIM не полностью используется в исследуемом проекте, заявила команда BIM. И эти будущие функции и элементы BIM еще не реализованы, что может еще больше повысить производительность работы и предотвратить недопонимание по всему проекту. Это связано с тем, что BIM может быть очень коммуникативным инструментом для совместной работы в крупных и сложных проектах строительства инфраструктуры.

7 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Авторы приходят к выводу, что BIM отлично подходит для использования в качестве инструмента связи и совместной работы в крупных и сложных строительных проектах. BIM обеспечивает эффективную коммуникацию в проектах и предотвращает недопонимание, которое часто вызывает проблемы в будущем, например, задержки реализации проекта. Способность координировать работу многих участников исследуемого проекта оказывается одним из центральных элементов, и, согласно литературным источникам, традиционный способ выполнения этого менее эффективен. Сделан вывод, что BIM все чаще используется в крупных инфраструктурных проектах. Эти проекты характеризуются относительно большим количеством вовлеченных заинтересованных сторон и участников, таких как главный подрядчик, субподрядчик, клиент и т. д. Эти участники тесно сотрудничают, чтобы создать и управлять эффективными каналами связи и методами сотрудничества. Они нацелены на устранение недопонимания и неправильного толкования совместно используемой информации и данных, а также на упрощение действий и повышение уровня промежуточного сотрудничества. Это необходимо для достижения конечной цели проекта, заключающейся в создании ценного и качественного проекта.

Внедрение BIM играет важную роль в повышении уровня сотрудничества и взаимодействия в инфраструктурных проектах. Это достигается путем создания высокодетализированной BIM-модели рассматриваемого проекта с необходимой информацией об объектах и ее загрузки на облачную платформу BIM. Облачная платформа BIM признана основным видом спорта для общения и сотрудничества между участниками исследуемого проекта. Это делает BIM очень прочным связующим звеном, объединяющим многие рабочие группы в проекте и достигающим самых дальних сторон.

Реляционные контракты на сотрудничество также могут использоваться для повышения уровня промежуточного сотрудничества и уровней общения. Принятие ECI в качестве договорной основы при выполнении сложных инфраструктурных проектов позволяет генеральному подрядчику участвовать в проекте уже на стадии проектирования. Это необходимо для взаимодействия со всеми другими участниками и использования огромного опыта главного подрядчика при подготовке и определении объема проекта. Использование BIM и заключение реляционных контрактов в сложных строительных проектах рассматривается как успешный подход к совместной работе, позволяющий создать команду, которая работает только с проблемами, связанными с BIM, на протяжении всего проекта; Команда BIM, состоящая из людей из разных организаций и дисциплин, работающих очень тесно, независимо от организационных границ. Эта команда считается важным элементом успеха, объединяющим большое количество рабочих групп в проекте с помощью BIM.

Кроме того, чтобы максимизировать выгоды от использования моделей BIM и соответствующих коммуникативных функций, участвующие в проектах участники должны применять дополнительные процессы, которые используются для повышения уровня сотрудничества и взаимодействия в проектах на основе BIM. Актеры должны использовать ICE и VDC вместе, чтобы максимально использовать их преимущества. ICE - это методология сотрудничества, а VDC - это рабочая методология, направленная на управление мультидисциплинарной моделью BIM.

7.1 Рекомендации для будущих исследований и размышления над магистерской диссертацией

Авторы магистерской диссертации также пришли к выводу, что BIM ранее не классифицировалась как связующая и что подход к ней с применением сетевой перспективы может дать новое понимание того, как изучать BIM. Таким образом, рекомендуется провести дальнейшее исследование в этом отношении. Кроме того, в литературе, касающейся BIM, почти не было представлено ни одной команды по BIM, как в этом отчете. В литературе меньше исследуется, как работа с BIM может решаться командами, и в основном сосредоточены на отдельных и индивидуальных ролях. Таким образом, рекомендацией для будущего исследования может быть сочетание изучения BIM как связующего звена, объединение нескольких и разных рабочих групп / дисциплин из разных организаций в проекты с уделением большего внимания командам BIM. Исследование команд BIM в будущем, определяющее, что именно команды делают и имеют право делать, что это способствует проектам и какие преимущества от этого, может быть очень интересным в строительной отрасли.

Коммуникация и сотрудничество в рамках исследуемого инфраструктурного проекта улучшились в результате принятия формы контракта ECI. Таким образом, в будущем рекомендуется также изучить влияние реляционных контрактов на сложные проекты строительства инфраструктуры в Швеции, как представлено в этом документе. Это связано с тем, что такие типы договорных отношений становятся очень популярными и известны тем, что облегчают выполнение таких сложных проектов. Другими словами, авторы считают, что сочетание реляционных контактов в строительных проектах и BIM является успешной стратегией в строительной отрасли и, следовательно, требует дальнейшего рассмотрения.

Размышляя о процессе выполнения этой магистерской диссертации, авторы считают, что необходимы дополнительные наблюдения и полевые исследования, чтобы еще глубже изучить инфраструктуру в рамках исследуемого проекта и накопить более глубокие эмпирические данные. Это также сделано для того, чтобы наблюдать за вещами, которые участники проекта, возможно, не видели, такими как цифровые решения, касающиеся BIM, и более эффективное использование текущей цифровой платформы BIM. Необходимо увидеть BIM-модели исследуемого проекта и строительной площадки, чтобы изучить, насколько теория, связанная с BIM, соответствует действительности. Более точно - наблюдать за процессами общения и сотрудничества между вовлеченными сторонами в повседневной жизни и на основе. Интервью с большинством этих команд интересны, так как участники работают в разных организациях и дисциплинах, но они работают как команда в проекте по BIM.

8 REFERENCES

AIBINU, A. & PAPADONIKOLAKI, E. BIM implementation and project coordination in design-build procurement. 2016 2016. Association of Researchers in Construction Management (ARCOM), 15-24.

APUKE, O. D. 2017. Quantitative research methods: A synopsis approach. Kuwait Chapter of Arabian Journal of Business and Management Review, 33, 1-8.

AVNET, M. S. & WEIGEL, A. L. 2010. An application of the design structure matrix to integrated concurrent engineering. Acta Astronautica, 66, 937-949.

AZHAR, S., KHALFAN, M. & MAQSOOD, T. 2012. Building information modelling (BIM): now and beyond. Construction Economics and Building, 12, 15-28.

AZHAR, S. 2011. Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. Leadership and management in engineering, 11, 241-252.

AZOUZ, Z., KATSANIS, C. J., FORGUES, D., AKSENOVA, G., POIRIER, E. & DORÉ, S. The BIM utopia: centralizing collaboration and communication through technologies. 2014 2014.

BAKKER, R. M., DEFILLIPPI, R. J., SCHWAB, A. & SYDOW, J. 2016. Temporary Organizing: Promises, Processes, Problems. *Organization Studies,* 37, 1703-1719.

BAVELAS, A. 1948. A mathematical model for group structures. *Applied anthropology,* 7, 16-30.

BENNETT, T. D. & LS, L. P. F. 2012. Role of BIM in infrastructure seismic retrofits. STRUCTURE, 45.

BIGGART, N. W. 2002. *Readings in Economic Sociology,* Chichester, UNITED KINGDOM, John Wiley & Sons, Incorporated.

BORGATTI, S. P., EVERETT, M. & JOHNSON, J. 2013. Centrality. *Analyzing social networks*, 189-208.

BORGATTI, S. P. & FOSTER, P. C. 2003. The Network Paradigm in Organizational Research: A Review and Typology. *Journal of Management,* 29, 991-1013.

BORGATTI, S. P. & HALGIN, D. S. 2011. On Network Theory. *Organization Science,* 22, 1168-1181.

BOSCH-SIJTSEMA, P.M., RAALTE, VAN S. & CARLSTEDT, J. (2020) *Modellorienterat integrerat arbetssätt för bättre samverkan i komplexa projekt*, : Trafikverket.

BRADLEY, A., LI, H., LARK, R. & DUNN, S. 2016. BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective. Automation in Construction, 71, 139-152.

BRÖCHNER, J. & BADENFELT, U. 2011. Changes and change management in construction and IT projects. *Automation in Construction,* 20, 767-775.

BRÖCHNER, J. 1990. Impacts of information technology on the structure of construction. *Construction Management and Economics,* 8, 205-218.

BRYMAN, A. & BELL, E. 2011. Ethics in business research. Business Research Methods, 7, 23-56.

CAMARINHA-MATOS, L. & AFSARMANESH, H. 2008. Concept of collaboration.
CASCIARO, T. 1998. Seeing things clearly: Social structure, personality, and accuracy in social network perception. *Social Networks,* 20, 331-351.

CHACHERE, J., KUNZ, J. & LEVITT, R. 2004. Observation, theory, and simulation of integrated concurrent engineering: Grounded theoretical factors that enable radical project acceleration. CIFE WP, 87.

CHACHERE, J., KUNZ, J. & LEVITT, R. 2009. The role of reduced latency in integrated concurrent engineering. CIFE WP, 116.

CHAKKOL, M., SELVIARIDIS, K. & FINNE, M. 2018. The governance of collaboration in complex projects. *International Journal of Operations & Production Management,* 38, 997-1019.

COHN, B. S. & MARRIOTT, M. 1958. Networks and centres of integration in Indian civilization. *Journal of social Research,* 1, 1-9.

CRESWELL, J. W. 2009. Mapping the field of mixed methods research. Sage Publications Sage CA: Los Angeles, CA.

DAINTY, A., MOORE, D. & MURRAY, M. 2007. *Communication in construction: Theory and practice*, Routledge.

DAVIES, K., WILKINSON, S. & MCMEEL, D. 2017. A review of specialist role definitions in BIM guides and standards.

DEMIAN, P. & WALTERS, D. 2014. The advantages of information management through building information modelling. Construction Management and Economics, 32, 1153-1165.

DOUGHTY, N. 2013. Collaborative BIM in the Cloud and the communications tools to support it.
DOUMA, M., BILDERBEEK, J., IDENBURG, P. & LOOISE, J. K. 2000. Strategic Alliances: Managing the Dynamics of Fit. *Long Range Planning,* 33, 579-598.

DU, J., LIU, R. & ISSA, R. R. A. 2014. BIM cloud score: benchmarking BIM performance. Journal of Construction Engineering and Management, 140, 04014054.

EASTMAN, C. M., EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R. & LISTON, K. 2011. BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors, John Wiley & Sons.

EBERS, M. & MAURER, I. 2016. To continue or not to continue? Drivers of recurrent partnering in temporary organizations. *Organization Studies,* 37, 1861-1895.

Egbu CO and Botterill C (2002). Information technologies for knowledge management: their usage and effectiveness, ITcon Vol. 7, Special issue ICT for Knowledge Management in Construction, pg. 125-137, https://www.itcon.org/2002/8

ELMQVIST, J. & HJERTQUIST, G. 2006. Kartläggning av RFID i svensk byggindustri: användande och möjligheter för radiofrekvens identifikation, Institutionen för teknisk ekonomi och logistik, Lunds tekniska högskola.

ENGWALL, M. 2003. No project is an island: linking projects to history and context. *Research Policy,* 32, 789-808.

ERIKSSON, P. E., LARSSON, J. & PESÄMAA, O. 2017. Managing complex projects in the infrastructure sector — A structural equation model for flexibility-focused project management. *International Journal of Project Management,* 35, 1512-1523.

ERIKSSON, P. E. 2010. Partnering: what is it, when should it be used, and how should it be implemented? *Construction management and economics,* 28, 905-917.

FOTI, R. 2001. Managing large construction projects. *Project management Institute,* 24-31.

FREEMAN, L. C. 1978. Centrality in social networks conceptual clarification. *Social networks,* 1, 215-239.

GARCIA, A. C. B., KUNZ, J., EKSTROM, M. & KIVINIEMI, A. 2004. Building a project ontology with extreme collaboration and virtual design and construction. Advanced Engineering Informatics, 18, 71-83.

GERALDI, J., MAYLOR, H. & WILLIAMS, T. 2011. Now, let's make it really complex (complicated): A systematic review of the complexities of projects. *International Journal of Operations and Production Management,* 31, 966-990.

GOULD, M. 2013. Procurement and Supply Management. Salem Press.
GRANOVETTER, M. 1983. *The Strength of Weak Ties: A Network Theory Revisited*, Sociology Theory.

GRANOVETTER, M. 2005. *The Impact of Social Structures on Economic Outcomes*, Journal of Economic Perspectives.

ILLIA, L., LURATI, F. & LA ROCCA, A. 2006. *Communication flow, channels, content and climate in downsizing*.

KELVIN-ILOAFU, L. 2017. The role of effective communication in strategic management of organizations. *International Journal of Humanities and Social Science,* 6, 93-99.

KERZNER, H. 2017. *Project management. [electronic resource] : a systems approach to planning, scheduling, and controlling*, Hoboken, New Jersey : Wiley, 2017.

KHANZODE, A., FISCHER, M., REED, D. & BALLARD, G. 2006. A guide to applying the principles of virtual design & construction (VDC) to the lean project delivery process. CIFE, Stanford University, Palo Alto, CA.

KNOKE, D. & KUKLINSKI, J. H. 1982. Network analysis.

KUNZ, J. & FISCHER, M. 2012. Virtual design and construction: themes, case studies and implementation suggestions. Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University.

ARYEA, S. & WATERMEYER, R. 2016. Early contractor involvement in framework contracts. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Management, Procurement and Law,* 169, 4-16.

LEAVITT, H. J. 1951. Some effects of certain communication patterns on group performance. *The Journal of Abnormal and Social Psychology,* 46, 38.

LING, F. Y. Y., RAHMAN, M. M. & NG, T. L. 2006. Incorporating contractual incentives to facilitate relational contracting. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice,* 132, 57-66.

LLOYD-WALKER, B. & WALKER, D. Collaborative project procurement arrangements. 2015. Project Management Institute.

MANLEY, K. & CHEN, L. 2015. Collaborative learning model of infrastructure construction: A capability perspective. *Construction Innovation*.

MOSEY, D. 2009. *Early contractor involvement in building procurement: contracts, partnering and project management*, John Wiley & Sons.

NGUYEN, P. T., VO, K. D., PHAN, P. T., NGUYEN, T. A., CAO, T. M., HUYNH, V. D. B., NGUYEN, Q. L. H. T. T. & LE, L. P. 2018. Construction project quality management using building information modeling 360 field. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Article, 9, 228-233.

ORAEE, M., HOSSEINI, M. R., EDWARDS, D. J., LI, H., PAPADONIKOLAKI, E. & CAO, D. 2019. Collaboration barriers in BIM-based construction networks: A conceptual model. *International Journal of Project Management,* 37, 839-854.

OTTE, E. & ROUSSEAU, R. 2002. Social network analysis: a powerful strategy, also for the information sciences. *Journal of information Science,* 28, 441-453.

PITTS, F. R. 1965. A graph theoretic approach to historical geography. *The professional geographer,* 17, 15-20.

PREIDEL, C., BORRMANN, A., OBERENDER, C. & TRETHEWAY, M. 2015. Seamless integration of common data environment access into BIM authoring applications: The BIM integration framework.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, I. 2017. *Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) (6th Edition)*, Project Management Institute, Inc. (PMI).

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, I. 2017a. *Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) (6th Edition)*, Project Management Institute, Inc. (PMI).

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, I. 2017b. Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) (6th Edition). Project Management Institute, Inc. (PMI).

RAHMAN, S., ENDUT, I., FAISOL, N. & PAYDAR, S. 2014. The Importance of Collaboration in Construction Industry from Contractors' Perspectives. *Procedia - Social and Behavioral Sciences,* 129.

SACKS, R., GUREVICH, U. & SHRESTHA, P. 2016. A review of building information modeling protocols, guides and standards for large construction clients. Journal of Information Technology in Construction (ITcon), 21, 479-503.

SCHALK, R. & CURŞEU, P. 2010. Cooperation in organizations. *Journal of Managerial Psychology,* 25, 453-459.

SEARS, S. K., SEARS, G. A., CLOUGH, R. H., ROUNDS, J. L. & SEGNER, R. O. 2015. *Construction Project Management*, John Wiley & Sons, Incorporated.

Smith, P., 2014. *BIM & the 5D Project Cost Manager* , Sydney: University of Technology Sydney.

STEEN, J., DEFILLIPPI, R., SYDOW, J., PRYKE, S. & MICHELFELDER, I. 2018. Projects and Networks: Understanding Resource Flows and Governance of Temporary Organizations with Quantitative and Qualitative Research Methods. *Project Management Journal,* 49, 3-17.

SUN, M. & MENG, X. 2009. Taxonomy for change causes and effects in construction projects. *International journal of project management,* 27, 560-572.

TADAYON, A., WONDIMU, P., KLAKEGG, O., ANDERSEN, B. & LÆDRE, O. 2018. Project Partnering in the Construction Industry: Theory vs. Practice. *Engineering Project Organization Journal,* 8, 13-35.

TJELL, J. & BOSCH-SIJTSEMA, P. M. 2015. Visual management in mid-sized construction design projects. Procedia Economics and Finance, 21, 193-200.

VELENTZAS, J. & BRONI, G. 2014. Communication cycle: Definition, process, models and examples. *Recent advances in financial planning and product development*, 117-131.

VIDAL, L. A. & MARLE, F. 2008. Understanding project complexity: implications on project management. *Kybernetes*.

VOLK, R., STENGEL, J. & SCHULTMANN, F. 2014. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs. Automation in Construction, 38, 109-127.

WALKER, D. & LLOYD-WALKER, B. Understanding early contractor involvement (ECI) procurement forms. Twenty-Eighth ARCOM Annual Conference, Edinburgh, 2012. 5-7.

WALKER, D. H. T., DAVIS, P. R. & STEVENSON, A. 2017. Coping with uncertainty and ambiguity through team collaboration in infrastructure projects. *International Journal of Project Management,* 35, 180-190.

WASSERMAN, S. & FAUST, K. 1994. *Social network analysis: Methods and applications*, Cambridge university press.

WIKFORSS, Ö. & LÖFGREN, A. 2007. Rethinking communication in construction. Journal of Information Technology in Construction (ITcon), 12, 337-346.

WINCH, G. M. 2009. *Managing construction projects*, John Wiley & Sons.

YAN, H. & DEMIAN, P. Benefits and barriers of building information modelling. IN: Ren, A., Ma, Z. and Lu, X. 2008 2008. Tingshua University Press.

DEPARTMENT OF TECHNOLOGY MANAGEMEN AND ECONOMIC
Division of Service Management and Logistics
CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Gothenburg, Sweden
www.chalmers.se

CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY