

Модели и алгоритмы принятия решений при управлении портфелем проектов капитального строительства

А.А. Вагулина, В.А. Важинский, А.С. Королёв

Аннотация- Объектом исследования является процесс реализации портфеля инвестиционно-строительных проектов. Предметом исследования являются модели и алгоритмы принятия решений при управлении портфелем проектов капитального строительства. Целью исследования является повышение эффективности процесса портфельного управления посредством разработки и апробации на практике методики принятия решений для управления портфелем проектов капитального строительства. Проводится исследование проблемы проектного и портфельного управления применительно к строительной области РФ, подтвержденная официальной статистикой; обзор существующих моделей и методов принятия решений при управлении проектами и управлении портфелем. Представлены качественное и математическое описание разработанной методики и общего алгоритма её использования, детализированное описание алгоритмов: нормализации данных относительно классификаторов ключевых событий и работ, верификации соблюдения технологической последовательности работ, прогнозирования сроков на основе упрощенного метода критического пути, расчета готовности проекта на основе метода весовых коэффициентов, агрегирования данных об исполнении на уровень портфеля. Представлены результаты проведенной апробации разработанной методики на портфеле адресной инвестиционной программы Сахалинской области на базе существующего программного решения. Проведено качественное и количественное сравнение процессов управления на аналогичных проектах, где внедрение методики не осуществлялось. В заключение были сделаны выводы об эффективности методики по результатам ее практической апробации, определены направления для дальнейшего развития и совершенствования методики.

Ключевые слова- Модели принятия решений, алгоритмы принятия решений, планирование, мониторинг исполнения, строительство, управление портфелем, информационная система.

Статья получена 5 июля 2022.

Вагулина Арина Алексеевна, Национальный Исследовательский Ядерный Университет МИФИ, магистрант, 89277550869@mail.ru
Важинский Виталий Александрович, Национальный Исследовательский Ядерный Университет МИФИ, аспирант, vazhinskii-v@mail.ru
Королёв Антон Сергеевич, Национальный Исследовательский Ядерный Университет МИФИ, профессор, ASKorolev@mephi.ru

I. ВВЕДЕНИЕ

За последние десятилетия методы и средства принятия решений в строительстве получили большое развитие. Создано программное обеспечение, обеспечивающее автоматический расчет потребности в ресурсах, связь между элементами системы процесса проектирования и строительства с использованием единых баз данных.

Однако, несмотря на обилие методов принятия решений и программных решений, в отрасли часто случаются значительные срывы сроков и бюджетов проектов. Вдобавок, существующие модели и алгоритмы принятия решений успешно применяются в контексте проектного управления, однако их применение в контексте портфельного управления зачастую сталкивается с рядом ограничений, детально рассмотренных и проработанных в данной работе.

Объектом исследования является процесс реализации портфеля инвестиционно-строительных проектов. Предметом исследования являются модели и алгоритмы принятия решений при управлении портфелем проектов капитального строительства. Целью исследования является повышение эффективности процесса портфельного управления посредством разработки и апробации на практике методики принятия решений для управления портфелем проектов капитального строительства.

Как известно, любой строительный объект, будь то жилой комплекс или офисное здание, это проект, а если таких проектов в строительной организации множество, то их целесообразно объединять в портфель проектов. Управление портфелем проектов - это механизм, призванный перевести стратегию в портфель проектов для последующей реализации, планирования, анализа и переоценки портфеля для эффективного достижения стратегических целей компании. Важно обеспечить соответствие структуры и наполнения портфеля проектов параметрам бизнеса компании. Для этого для каждой компании должен быть реализован адекватный процесс оптимизации проектного портфеля. При этом должны быть учтены и сбалансированы стимулы и риски. Выбор программ основывается на анализе их соответствия организационной стратегии. При необходимости, проектный портфель адаптируется к текущей

стратегии организации по результатам обзора хода реализации проекта то либо программы. Корректировка портфеля также может быть следствием стратегических изменений. Цели управления портфелем производятся непосредственно из проблем, возникающих в мульти проектной среде[3].

II. ОБЗОР ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Управление портфеля проектов представляет целенаправленную деятельность. Результатом её должно стать достижение стратегических целей организации. В рамках такой деятельности выполняется формирование портфеля проектов, его контроль и мониторинг, осознанное управление изменениями и оптимизация портфеля с учётом имеющихся ограничений. Таким образом, процессы управления портфелем проектов связывают уровни стратегического управления с уровнями управления отдельными проектами или их группами (программами). Управление портфелем проектов представляет совокупность следующих процессов:

а) группа процессов обеспечения управления портфелем:

1) процесс сбора информации об условиях, ограничениях и требованиях к портфелю проектов;

2) процесс формализации процедур управления и параметров оценки портфеля проектов;

б) группа процессов формирования портфеля проектов:

1) процесс идентификации компонентов портфеля;

2) процесс оценки компонентов портфеля;

3) процесс расстановки приоритетов;

4) процесс оптимизации и балансировки портфеля проектов;

5) процесс авторизации портфеля проектов;

в) группа процессов мониторинга и контроля портфеля проектов:

1) процесс контроля реализации портфеля проектов;

2) процесс управления изменениями.

Процессы управления портфелем проектов выполняются последовательно, с определенной цикличностью.[4]

Стоит отметить, что большинство из методов, применимых в управлении единичными проектами, не масштабируются в силу разных обстоятельств на большие портфели строительства, в которых чаще всего собраны десятки однотипных проектов, по каждому из которых требуется детальная проработка и, возможно, еще более качественное планирование в силу увеличения количества работ, проводимых одновременно.

Среди строительных проектов значительная часть к настоящему времени перешла от состояния активного выполнения строительных работ к состоянию фактически замороженному. Как правило, замороженным объект считается тогда, когда работы по нему либо откладываются на длительный срок, либо официально прекращаются

на неопределенный срок. В настоящее время в России заморожено около 10–20 % объектов жилого комплекса и коммерческой недвижимости, находящиеся на стадии строительства и приблизительно 80 % объектов, находящихся на стадии проектирования и подготовке строительных работ. В частности в Белгороде, на начало 2017 года насчитывалось 19 объектов капитального строительства, попавшие в разряд долгостроев[5]. В частности, усредненно на месяц (сентябрь 2020 года) отмененных инвестиционно-строительных проектов 3 551 (8,3%), а приостановленных 1939 (4,53%). Итого, 5490 или 12,83% из всех инвестиционно-строительных проектов в среднем можно отнести к проблемным.

С точки зрения объема инвестиций, отмененных инвестиционно-строительных проектов (ИСП) на 14,643 трлн руб. (15,33%), а приостановленных на 5,687 трлн руб. (5,95%). Итого за всю историю наблюдения проблемные проекты на сумму 20,330 трлн руб. или 21,28% от общего объема инвестиций в инвестиционно-строительных проектах.[6].

Проблему управления портфелем проектов капитального строительства можно решить двумя логическими подходами:

- решение проблемы “сверху”- применение методов принятия решений при портфельном управлении

- решение проблемы “снизу”- применение методов принятия решений при управлении инвестиционно-строительными проектами.

К первому подходу относятся календарное и сетевое планирование, обобщенные сетевые модели, метод освоенного объема, метод 4D и методология объединенного графика.

Ко второму- поточный метод строительного производства и метод имитационного моделирования. Вдобавок, в настоящее время предложен комплекс методов управления портфелями проектов в компании, ориентированный на применение процессных, проектных и портфельных методов, включающий следующие методики: оценки и ранжирования проектов для отбора проектов в портфель на базе экспертных методов и системы критериев; отбора проектов в портфель на базе интегральных показателей приоритетности проектов с целью выработки наиболее адекватных реальным условиям стратегических управленческих решений по формированию портфеля проектов; балансировки и оптимизации портфеля проектов, целью которой является достижение максимально-возможной эффективности портфеля и удовлетворительного баланса между потребностями отдельных проектов в ресурсах и ресурсными ограничениями по портфелю в целом с учетом приоритетности проектов в рамках портфеля; мониторинга реализации портфеля проектов, обеспечивающую формирование общей корпоративной стратегии оценки успешности реализации портфеля и и принятие решений о возможности и необходимости

изменения параметров портфеля (лимитов финансирования, ресурсных ограничений и пр.).[32]

В результате проведенного качественного сравнительного многокритериального анализа существующих моделей и методов принятия решений при управлении как портфелем проектов капитального строительства, так и единичными строительными проектами, можно сделать следующие выводы:

1. Многие из методик рассчитаны на применение в управлении отдельными проектами капитального строительства, но не масштабируются на портфельное управление;

2. Не все рассмотренные методики позволяют качественно и точно спрогнозировать сдвиг сроков проекта и предотвратить срывы проектов либо ввиду отсутствия оптимального уровня детализации модели объекта;

3. Внедрение существующих методик требует дополнительного штата или специальной подготовки;

4. Отрасль поступательно движется в сторону BIM, соответственно существующая и планируемая нормативная база Государства в области информационного моделирования должна быть учтена с целью обеспечения возможностей:

- связывания информации со стадии строительства с существующими и планируемыми Государственными Информационными Системами на жизненном цикле объекта капитального строительства;
- выполнения требований Государства для уже подключенных участников (использование классификаторов строительной информации и содержание информационной модели, формируемой на жизненном цикле объекта капитального строительства);

- В регионах далеко не везде есть BIM со стадии проектирования, а там, где информационная модель есть - существует ряд ограничений (сложность управления изменениями модели, дороговизна BIM ПО для низко маржинальных проектов и отсутствие необходимых компетенций по использованию информационного моделирования), что на данном этапе развития не позволяет быстро развернуть BIM на всю отрасль без значительной нагрузки на непосредственных участников строительства и уравнивать ситуацию при сильно различающимся уровне развития участников строительства (при полном отсутствии BIM и систем автоматизации);

Таким образом, была выявлена потребность в разработке методики, соответствующей рассмотренным качественным критериям:

1. управленческая ценность для принятия решений на стадиях ЖЦ портфеля проектов капитального строительства;
2. учет отраслевой специфики;
3. низкий уровень затрат на внедрение методики;

4. низкий уровень затрат на масштабируемость и внесение изменений в модель объекта.

III. КАЧЕСТВЕННОЕ ОПИСАНИЕ МЕТОДИКИ ЦИМС

ЦИМС – цифровая информационная модель строительства (далее «ЦИМС»). Методика, разрабатываемая коллективом сотрудников компании «Платформа строительных сервисов», была формализована мной в части нормализации данных и дополнена мной в части алгоритмов расчета и прогнозирования сроков на уровне проекта и видов работ, расчета готовности по весовым коэффициентам для расчета готовности, алгоритма проверки качества планирования.

Методика позволяет агрегировать данные относительно укрупненных классификаторов, решая тем самым задачу портфельного управления. Модель объекта, созданная на основе укрупненных классификаторов ЦИМС, описывает аспекты, необходимые для управления проектом строительства и связывает в себе укрупненные данные на управленческом уровне.

Стоит отметить, что методика ЦИМС не подразумевает включение в модель всех видов работ, а программная реализация, в которую загружается ЦИМС не формирует строгую систему учета. Детализация, принятая в ЦИМС, не учитывает промежуточные этапы выполнения работ. В данной концепции детализация плановых объемов работ определяется конечной фазой выполнения работ и прямо пропорционально зависит от величины объекта. Каждый объект является уникальным и степень детализации определяется индивидуально. От выбранной степени детализации видов работ будет зависеть наглядность отчетов о готовности объекта. По разработанной модели ЦИМС на строительных площадках будет выполняться регулярное отражение фактически выполненных объемов работ.

Регулярный ввод данных о фактическом исполнении (на ежедневной основе) по модели ЦИМС позволяет дистанционно отслеживать процесс реализации проектов от инициирования до ввода в эксплуатацию.

Исходные данные для формирования ЦИМС собираются из следующих источников:

1. дорожная карта или инвестиционный план проекта
2. календарный план производства работ ПИР / СМР/ ПНР;
3. проектная и рабочая документация;
4. сметная документация.

Цифровой план-график формируется на основании модели объекта и отображает ход строительства в разрезе этапов и видов работ. План-график отображает степень готовности объекта, этапов и видов работ в процентном соотношении и степень отставания от плана в календарных днях. После определения требуемой оптимальной детализации позиций планирования и

технологической последовательности работ в построенном план-графике необходимо спрогнозировать сроки выполнения проекта различными типами связи. В большинстве случаев используется классический тип связи, когда окончание одной работы сигнализирует о начале следующей за ней (О-Н).

Предполагается создание цифровой модели с помощью классификатора ВМ из готовых видов работ, конструктивных элементов, этапов и видов работ. Состав и последовательность уровней декомпозиции может изменяться в зависимости от сложности и типа объекта. Созданная структура ЦИМС используется для осуществления контроля за проведением работ и является основой для построения цифрового план-графика.

Цифровой план-график формируется на основании модели объекта и отображает ход строительства в разрезе этапов и видов работ. План-график отображает степень готовности объекта, этапов и видов работ в процентном соотношении и степень отставания от плана в календарных днях.

IV. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ МЕТОДИКИ ЦИМС

Методику ЦИМС можно представить в виде укрупненной схемы алгоритма принятия решений, в рамках которого рассматривается 3 основных блока: планирование проекта, сбор и нормализация данных, управление проектом/портфелем.

Планирование проекта заключается в создании плановой модели объекта при помощи алгоритма планирования дорожной карты проекта и механизма связывания данных с классификаторами типов проекта. Нормализация плана основана на механизме индексации и связывания элементов плана между собой.

Для верификации качества созданной модели необходимо использовать алгоритм проверки соблюдения технологической последовательности работ.

На этапе сбора и нормализации фактических данных происходит нормализация полученных фактических данных по классификаторам контрольных точек и видов работ. Это необходимо для подготовки данных к последующему анализу. Далее следуют модули управления проектом и модуль управления портфелем.

Управление проектом основано на алгоритмах прогнозирования сроков по плановым и фактическим темпам, прогнозирования потребности в ресурсах по нормативным и фактическим темпам, прогнозирования стоимости по фактическим затратам, прогнозирования рисков по историческим данным и алгоритме расчета готовности проекта, основанном на механизме расчета весовых коэффициентов работ.

После проведения рекомендательной аналитики по принятию решений необходимо перейти от уровня контроля исполнения проекта на уровень контроля исполнения портфеля проектов.

Данный шаг выполняется посредством механизма агрегирования данных по портфелю проектов. На этапе контроля исполнения портфеля проектов также необходимо использование алгоритма сравнения эффективности реализации проектов в портфеле для дальнейшего принятия решений о компенсирующем мероприятии.

Таким образом, разработанная методика соответствует заданным требованиям. В следующем разделе представлены результаты апробации методики на практике.

V. РЕЗУЛЬТАТЫ АПРОБАЦИИ МЕТОДИКИ

Для иллюстрации эффективности методики был проведен анализ 15 ОКС, включенных в типовую адресную инвестиционную программу строительства, до и 20 ОКС после внедрения методики по качеству плана и качеству факта.

До внедрения разработанной методики ЦИМС были проведены анализ документации и интервьюирование на 15 объектах капитального строительства, подробно представленное в Приложении Д. Из них 13 ОКС относятся к классу площадных, а 2 - к классу линейных. По выбранным ОКС были получены данные о качестве плановых показателей и о частоте и качестве предоставления фактических данных со строительных площадок. По результатам проведенного интервьюирования можно сделать следующие выводы по данным выбранных ОКС:

- Низкое качество плановых показателей из-за отсутствия прослеживаемости технологической последовательности работ;
- Низкая частота сбора фактических данных с площадок;
- Низкое качество получаемых фактических данных относительно плановых показателей;
- Отсутствие четко прослеживаемой технологической последовательности выполнения работ означает увеличение детализированности план-графика, что приводит к увеличению требуемых временных ресурсов на внесение изменений в модель ОКС и, как следствие, возможную потерю необходимых данных или необходимость пересчета из-за увеличивающихся шансов допущения ошибок.
- Низкая частота сбора и качество фактических данных приводит к снижению качества контроля сроков и готовности проекта, а также отсутствию возможности прогнозирования сроков завершения проекта.
- Отсутствие стандартизации информации о проектах в портфеле, а также работах, осуществляемых на каждом из проектов приводит к невозможности агрегирования данных на уровень портфеля проектов для дальнейшего качественного и количественного сравнения и сопоставления проектов в портфеле

Для апробации методики было выбрано 20 ОКС адресно-инвестиционной программы

Сахалинской области, подробно рассмотренные в Приложении Д. Из них 13 ОКС относятся к классу площадных, а 7- к классу линейных.

По выбранным ранее показателям наблюдается следующая динамика:

- Повышение качества плановых показателей благодаря прослеживаемой технологической последовательности работ, обеспечиваемой привязкой к классификатору видов работ на 70% и 50% по площадным и линейным объектам соответственно;
- Повышение частоты сбора фактических данных в 2 и 3 раза;
- Повышение качества получаемых фактических данных на 45% и 50%;

Таким образом, внедрение методики ЦИМС обеспечило следующую управленческую ценность:

1. На проектном уровне:
 - Повышение качества предоставляемых плановых и фактических данных по каждому ОКС;
 - Повышение качества план-фактного анализа;
 - Повышение точности расчета готовности объекта;
 - Повышение частоты сбора фактических данных с площадок и, как следствие, более точное прогнозирование сроков;
 - Обеспечение возможности масштабирования данных на уровень портфеля.
2. На портфельном уровне:
 - Благодаря наличию классификаторов обеспечивается возможность сравнения эффективности реализации однотипных проектов, по мере накопления истерических данных;
 - Обеспечение подъема данных по каждому из проектов портфеля и контроля рисков срыва сроков и стоимости проектов в портфеле.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей публикации был проведен анализ проблемы проектного и портфельного управления применительно к строительной области РФ, а также обзор существующих моделей и методов принятия решений при управлении проектами и управлении портфелями.

По результатам проведенного качественного сравнительного анализа существующих моделей и методов принятия решений по выявленным критериям была доказана необходимость разработки новой методики принятия решений при управлении процессом строительства.

В рамках реализации методики были разработаны необходимые алгоритмы нормализации данных относительно классификаторов ключевых событий и работ, верификации соблюдения технологической последовательности работ, расчета готовности проекта на основе метода весовых коэффициентов, агрегирования данных об исполнении на уровень портфеля, прогнозирования сроков на основе упрощенного метода критического пути.

По результатам проведенной апробации на портфеле адресной инвестиционной программы Сахалинской области на базе существующего программного решения была доказана эффективность разработанной методики благодаря повышению качества плановых и получаемых фактических данных на уровне проекта и обеспечению возможности сравнения эффективности реализации однотипных проектов на уровне портфеля по мере накопления исторических данных.

Методика позволяет агрегировать данные на уровень портфеля проектов для своевременного принятия решений по проблемным объектам, решая задачу снижения рисков срыва стоимости и сроков проектов в портфеле.

Дальнейшее развитие описанной методики возможно в части: алгоритмов контроля качества плановых данных, алгоритмов контроля фактических данных, совершенствования алгоритмов прогнозирования сроков, описания алгоритмов прогнозирования стоимости и ресурсной обеспеченности.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Атанов, Г.А. Моделирование учебной предметной области, или предметная модель обучаемого [Текст] / Г.А. Атанов // Образовательные технологии и общество, 2001. – С. 11
2. А.А.Зяблов, Ж.А.Коваленко. Требования к системе управления сроками реализации сложных инженерных проектов // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы-2019, с. 199-202
3. Е.Н Парфенова, Ж.Н. Авилова. Необходимость портфельного управления проектами в строительстве // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, №1, 2018, 5 с.
4. ГОСТ Р 54870-2011. Проектный менеджмент. Требования к управлению портфелем проектов, Дата введения 2012-09-01
5. Вся недвижимость России. Новости. [Электронный ресурс] Систем. требования: AdobeAcrobatReader. - URL: <http://www.allproperty.ru/> (дата обращения: 03.05.2022)
6. К.Ю. Кузнецов, О.О. Кубанская, М.О. Гришин, И.В. Бочарова, НИР Разработка научно-обоснованных требований к разработке проектов организации строительства (ПОС) с использованием технологий информационного моделирования, НАИКС, 2020, 658 с.
7. Дикман Л. Г. Организация строительного производства : учебник для строит. вузов / Л. Г. Дикман. – М. : АСВ , 2006. – 608 с.
8. Поляков А. Н. Американские технократы. Генри Лоуренс Гантт. (рус.) // Management: журнал. — 2021. — № 1 (57) 2021. — С. 58 - 63.
9. Е.В. Гусев, З.Р. Мухаметзанов. Концепция решения проблемы повышения надежности организационно-технологических решений // Приволжский научный журнал, 2014, №3
10. James E.Kelly, Computers and Operations Research in Road Building. Operations Research, Computers and Management Decisions, Symposium Proceedings, Case Institute of Technology, January 31 - February 1 and 2, 1957
11. James E.Kelly and Morgan R.Walker, Critical Path Planning Scheduling. Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference, p.p. 160-173, Dec. 1-3, 1959
12. James E. Kelly, Critical Path Planning and Scheduling: Mathematical Basis. Operations Research. Vol.9, no 3, p.p.296-320,1961
13. D.G. Malcomb, J.H. Roseboom, C.E. Clark and W. Fazar, Applications of a Technique for research and development Program Evaluation, operations Research, Vol.7, no 5, p.p.646-699, 1959

14. G. Malcomb et al., A Network Flow Computation for Project Cost Curves, Rand paper P-1947, Rand Corporation, March, 1960
15. W. Fazar, The Origin of PERT, The Controller, Vol. 30, p.p. 598 ff., December, 1962
16. С.П. Никаноров. Система PERT. Ее история, обоснование, применение и оценка // Всесоюзный научно-исследовательский институт технико-экономических исследований и информации по радиоэлектронике, 1963 г., 64 с.
17. Поспелов Г.С., Тейман А.И. Автоматизация процессов управления разработками больших систем и сложных комплексов // Известия АН СССР, Техническая кибернетика, №4, 1963, - с.60-79
18. Авдеев Ю.А. Метод критического пути в управлении производством // Строительная газета, 15 сентября, 1963
19. Голенко Д.И. Статистические методы сетевого планирования и управления. - Наука, Москва, 1968 г., 400 с.
20. Лившиц СЕ. Альтернативные модели стохастического сетевого планирования, МЭСИ, Москва, 1971 г.
21. Антоновичус К.А. Моделирование и оптимизация в управлении строительством, - Стройиздат, Москва, 1979 г., 197 с.
22. Pritsker, A.B.; et al., GERT: Graphical Evaluation and Review Techniques, Part I. Fundamentals-Part II. Probabilistic and Industrial Engineering Applications. J.Ind.Eng., Vols 17(5) and 17(6), 1966 г.
23. Адельсон-Вельский Г.М., Воропаев В.И., Калиновская С.С. Обобщенные сетевые модели строительного производства // На стройках России, N4,5, 1971г., с.28-32, с.23-26
24. Воропаев В.И., Шейнберг М.В. и др. Обобщенные сетевые модели, ЦНИПИАСС, Москва, 1974 г.,-118 с.
25. Воропаев В.И. Модели и методы календарного планирования в автоматизированных системах управления строительством, - Стройиздат, Москва, 1975г.,- 232 с.
26. NASA: 30-я годовщина высадки на Луну «Аполлона-11»; 30-я годовщина высадки на луну «Аполлона-11» Архивная копия от 2 октября 2002 на Wayback Machine // BBC
27. Рахманин В. Ф. Проблематичное начало и драматический конец разработки ракеты-носителя Н1 // Двигатель : журнал. — М., 2013. — № 5 (89). — С. 36—42
28. Квентин В. Флеминг, Джойл М. Коппельман. Методика освоенного объема в управлении проектами, дата публикации 21.07.2002
29. Квентин В. Флеминг, Джойл М. Коппельман. Методика освоенного объема...Введение.
30. Rafael Sacks, Charles Eastman, Ghang Lee, Paul Teicholz: BIM Handbook, A Guide of Building Information Modeling For Owners, Designers, Engineers, Constructors and Facility Managers, Third Edition, 2018, Hoboken, New Jersey
31. Строительство и ввод в эксплуатацию атомных электростанций [электронный ресурс]: IAEA Международное агентство по атомной энергии. - URL: <https://www.iaea.org/ru/temy/stroitelstvo-i-vvod-v-ekspluatatsiyu-atomnyh-elektrostanciy> (дата обращения: 25.04.2022)
32. Структура Декомпозиции Работ WBS [электронный ресурс]: Альт-Инвест. - URL: <https://www.cfin.ru/itm/project/wbs.shtml>. (дата обращения - 01.05.2022)
33. О.А. Бартенева. Проектно-портфельные методы управления строительными компаниями // Российское предпринимательство, 2011, №5 (2)
34. Хенох Р.Г. Стройка которая была // М. Издат., 1996
35. А.В. Беловол, А.А. Ключко, Е.В. Набока, А.О.Скоркин, А.Н.Шелковой. Имитационное моделирование в задачах машиностроительного производства в 2-х томах, Т. 1: учеб. пособие/ под редакцией А.Н.Шелкового// -Х.: НТУ «ХПИ», 2016.-407 с.
36. Воропаев В.И. Управление проектами в России. - М.: Аланс, 1995. - 225 с.
37. Аристов С.А. Имитационное моделирование экономических систем: Учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал.гос.экон.ун-та. 2004
38. Куликов Ю.А. Имитационные модели и их применение в управлении строительством // Стройиздат, Москва, 1983, - 224 с.
39. Сутт Ю.В. Имитационные модели экономического механизма строительной организации, Валуге, Таллин, 1986
40. Эткинд Ю.Л. Автоматизация выработки управленческих решений в промышленном строительстве // Стройиздат, Ленинград, 1982
41. Проектирование организации строительных работ и учет их в процессе производства, 1930.-16 с.
42. Поточность в промышленном и гражданском строительстве, 1948,- 286 с.
43. Основы поточного строительства, 1961, 414 с
44. Руководство к своду знаний по управлению проектами [Электронный ресурс]. URL: <http://mppractice.ru/knowledgebase/normative/> (дата обращения: 03.05.2022)
45. Мироненко Н.В., Леонова О.В., Эволюция развития проектного управления в России и за рубежом РАНХиГС // Управленческое консультирование №6, 2017, 8 с.
46. Горбачев М. И., Егорова М. С. Трудовые ресурсы предприятия АО «Транснефть – центральная Сибирь»: оценка потребности и эффективности использования, охрана труда, социальная ответственность // Молодой ученый. 2015. №10.4. С. 19-22.
47. ГОСТ Р 57363-2016 - Управление проектом в строительстве. Деятельность управляющего проектом, дата введения 2017-06-01
48. Савельев И.В. О проблемах внедрения ERP-систем в России // Экономическая наука современной России. 2011. №3 (54). С.187–189
49. BIM-технологии (рынок России), Информационное моделирование зданий и сооружений, 28.12.2021, URL:[https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:BIM-технологии_\(рынок_России\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:BIM-технологии_(рынок_России)) (дата обращения: 03.05.2022)
50. Де Марко Т. Deadline. Роман об управлении проектами. М.: Вершина, 2006.
51. Структура ВВП России 2020 по отраслям [электронный ресурс]. - URL <https://bankiros.ru/wiki/term/struktura-vvp-rossii-po-otraslam> (дата обращения: 02.05.2022)
52. Баркалов С.А. Модели и методы управления строительными проектами / С.А. Баркалов, И.В. Буркова, П.Н. Курочка –Саратов: Издательство «Вузовское образование», 2015- С. 461
53. Колосова Е.В., Новиков Д.А., Цветков А.В. К 61 Методика освоенного объема в оперативном управлении проектами. М.: ООО «НИЦ «Апостроф», 2000г. –С.156
54. Новый метод 4D-моделирования зданий, журнал «Наука и техника», 24.02. 2021. [электронный ресурс] - URL:<https://naukatehnika.com/metod-4d-modelirovaniya-zdaniy.html> (дата обращения: 17.04.2022)
55. Farella, E.M.; Özdemir, E.; Remondino, F. 4D Building Reconstruction with Machine Learning and Historical Maps. Appl.Sci. 2021, 11 с.

Decision-making models and algorithms for managing a pipeline of capital construction projects

A.A.Vagulina, V.A.Vazhinsky, A.S. Korolev

Abstract - The object of research is the process of implementing a pipeline of investment and construction projects. The subject of the research are decision-making models and algorithms for managing a pipeline of capital construction projects. The purpose of the study is to improve the efficiency of the portfolio management process by developing and testing in practice a decision-making methodology for managing a pipeline of capital construction projects. A study of the problem of project and portfolio management in relation to the construction industry of the Russian Federation is being carried out, confirmed by official statistics; review of existing models and methods of decision-making in project management and portfolio management.

A qualitative and mathematical description of the developed methodology and the general algorithm for its use, are presented and detailed by the description of the normalization algorithms of data regarding classifiers of key events and works, verification of compliance with the technological sequence of works, deadlines forecasting based on a simplified critical path method, calculation of project readiness based on the method of weight coefficients, aggregating performance data at the portfolio level. The results of the approbation of the developed methodology on the portfolio of the targeted investment program of the Sakhalin Region based on the existing software solution are presented. A qualitative and quantitative comparison of management processes in similar projects where the implementation of the methodology was not carried out is presented. In conclusion, the findings were drawn about the effectiveness of the methodology based on the results of its practical testing, and directions for further development and improvement of the methodology were identified.

Keywords- Decision-making models, decision-making algorithms, planning, execution monitoring, construction, portfolio management, information system.

REFERENCES

1. Atanov, G.A. Modeling of educational subject area, or subject model of the learner [Text] / G.A. Atanov // Educational Technologies and Society, 2001. - C. 11
2. A. Zyablov, J.A. Kovalenko. Requirements for the Management System of Complex Engineering Project Timeframes [in Russian] // Systemotekhnika stroitelstva. Cyberphysical Construction Systems-2019, p. 199-202

3. E.N. Parfenova, J.N. Avilova. The need for portfolio project management in construction // Bulletin of V.G. Shukhov BSTU, No.1, 2018, 5 p.
4. GOST P 54870-2011. Project management. Requirements for project portfolio management, Date of introduction 2012-09-01
5. All Real Estate in Russia. News. [Electronic resource] System requirements: AdobeAcrobatReader. - URL: <http://www.allproperty.ru/> (date of reference: 03.05.2022)
6. K.Yu. Kuznetsov, O.O. Kubanskaya, M.O. Grishin, I.V. Bocharova, NIR Development of science-based requirements for the development of construction organization projects (PIC) using information modeling technology, NAICS, 2020, 658 p.
7. Dikman L.G. Organization of construction production : a textbook for construction institutes / L.G. Dikman. - M. : ASV, 2006. - 608 c.
8. Polyakov A. N. American technocrats. Henry Lawrence Gantt. (Russian) // Management: magazine. - 2021. - № 1 (57) 2021. - C. 58 - 63.
9. Gusev E.V., Mukhametzanov Z.R. The concept of solving the problem of increasing the reliability of organizational and technological solutions // Volga Scientific Journal, 2014, No. 3.
10. James E. Kelly, Computers and Operations Research in Road Building. Operations Research, Computers and Management Decisions, Symposium Proceedings, Case Institute of Technology, January 31 - February 1 and 2, 1957
11. James E. Kelly and Morgan R. Walker, Critical Path Planning Scheduling. Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference, p.p. 160-173, Dec. 1-3, 1959
12. James E. Kelly, Critical Path Planning and Scheduling: Mathematical Basis. Operations Research. James E. Kelly. vol.9, no 3, p.p.296-320, 1961.
13. D.G. Malcomb, J.H. Roseboom, C.E. Clark and W. Fazar, Applications of a Technique for research and development Program Evaluation, Operations Research, Vol.7, no 5, p.p.646-699, 1959
14. G. Malcomb et al, A Network Flow Computation for Project Cost Curves, Rand paper P-1947, Rand Corporation, March, 1960.
15. W. Fazar, The Origin of PERT, The Controller, Vol. 30, p.p. 598 ff., December, 1962.
16. S. P. Nikanorov. The PERT system. Its history, justification, application and evaluation // All-Union Research Institute for Technical and Economic Research and Information on Radioelectronics, 1963, 64 pp.
17. Pospelov G.S., Teiman A.I. Automation of Control Processes of Development of Large Systems and Complex Complexes // Izvestiya AS USSR, Technical Cybernetics, #4, 1963, - p.60-79
18. Avdeev Y.A. Method of critical path in production management // Stroitel'naya Gazeta, September 15, 1963.
19. Golenko D.I. Statistical methods of network planning and management. - Nauka, Moscow, 1968, 400 p.
20. Livshits CE. Alternative models of stochastic network planning, MESL, Moscow, 1971.
21. Antonavichus K.A. Modeling and optimization in construction management, - Stroyizdat, Moscow, 1979, 197 p.
22. Pritsker, A.B.; et al., GERT: Graphical Evaluation and Review Techniques, Part I. Fundamentals-Part II. Probabilistic and Industrial Engineering Applications. J.Ind.Eng., Vols 17(5) and 17(6), 1966.

23. Adelson-Velsky G.M., Voropaev V.I., Kalinovskaya S.S. Generalized network models of building production // At building sites of Russia, N4,5, 1971, pp.28-32, pp.23-26.
24. Voropayev V.I., Sheinberg M.V. et al. Generalized network models, CNIPIASS, Moscow, 1974,-118 p.
25. Voropaev V.I. Models and methods of scheduling in automated construction management systems, - Stroyizdat, Moscow, 1975,-232 p.
26. NASA: 30th anniversary of the Apollo 11 moon landing; 30th anniversary of the Apollo 11 moon landing Archived 2 October 2002 at the Wayback Machine // BBC
27. Rakhmanin V. F. Problematic beginning and dramatic end of the development of the H1 launch vehicle // Engines : magazine. - M., 2013. - № 5 (89). - C. 36-42
28. Quentin W. Fleming, Joil M. Koppelman. The mastered volume methodology in project management, date of publication 21.07.2002
29. Quentin W. Fleming, Joil M. Koppelman. The mastered scope methodology...Introduction.
30. Rafael Sacks, Charles Eastman, Ghang Lee, Paul Teicholz: BIM Handbook, A Guide to Building Information Modeling For Owners, Designers, Engineers, Constructors and Facility Managers, Third Edition, 2018, Hoboken, New Jersey
31. Construction and commissioning of nuclear power plants [electronic resource]: IAEA International Atomic Energy Agency. - URL: <https://www.iaea.org/ru/temy/stroitelstvo-i-vvod-v-ekspluatatsiyu-atomnyh-elektrostantsiy> (accessed 25.04.2022).
32. WBS Work Decomposition Structure [electronic resource]: Alt-Invest. - URL: <https://www.cfin.ru/itm/project/wbs.shtml>. (accessed 01.05.2022).
33. O.A. Barteneva. Project-portfolio methods of managing construction companies // Russian Entrepreneurship, 2011, №5 (2)
34. Henokh R.G. The building which was // M. Izdat. 1996.
35. A.V. Belovol, A.A. Klochko, E.V. Naboka, A.O. Skorkin, A.N. Shelkovoy. Simulation modeling in the problems of machine-building production in 2 volumes, Volume 1: textbook / edited by A.N. Shelkovoi// -H.: NTU "KhPI", 2016.-407 p.
36. Voropaev V.I. Project Management in Russia. - Moscow: Alans, 1995. - 225 c.
37. Aristov S.A. Imitation modeling of economic systems: Textbook. - Ekaterinburg: Izd vo Ural.gos.ekonuta. 2004
38. Kulikov Y.A. Simulation models and their application in construction management // Stroyizdat, Moscow, 1983, -224 p.
39. Sutt, Y. V. Simulation models of economic mechanism of building organization, Valguje, Tallinn, 1986.
40. Etkind Y.L. Automation of managerial decision making in industrial construction // Stroyizdat, Leningrad, 1982.
41. Designing the Organization of Construction Works and Accounting for them in the Production Process, 1930.
42. Flow in the Industrial and Civil Engineering, 1948, - 286 p.
43. Fundamentals of Construction Flow, 1961, - 414 p.
44. Guide to the body of knowledge on project management [Electronic resource]. URL: <http://pmpractice.ru/knowledgebase/normative/> (accessed 03.05.2022)
45. Mironenko N.V., Leonova O.V., Evolution of project management development in Russia and abroad RANKhigS // Management Consulting №6, 2017, 8 p.
46. Gorbachev M. I., Egorova M. S. Labor resources of the enterprise "Transneft - Central Siberia" JSC: assessment of need and efficiency of use, labor protection, social responsibility // Young Scientist. 2015. №10.4. C. 19-22.
47. GOST R 57363-2016 - Project management in construction. Activity of the project manager, date of introduction 2017-06-01
48. Saveliev I.V. On the problems of introducing ERP-systems in Russia // Economic science of modern Russia. 2011. №3 (54). C.187-189
49. BIM-technology (market of Russia), Information Modeling of Buildings and Structures, 28.12.2021, URL:[https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:ВИМ-технологии_\(market_Russia\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:ВИМ-технологии_(market_Russia)) (date of reference: 03.05.2022)
50. DeMarco T. Deadline. A novel of project management. M. : Vershina, 2006.
51. Structure of Russia's GDP 2020 by sectors [electronic resource]. - URL <https://bankiros.ru/wiki/term/структура-ввп-россии-по-отраслям> (access date: 02.05.2022)
52. Barkalov S.A. Models and methods of construction project management / S.A. Barkalov, I.V. Burkova, P.N. Kurochka - Saratov: Publishing house "Higher Education", 2015-P. 461
53. Kolosova E.V., Novikov D.A., Tsvetkov A.V. K 61 Methods of mastered volume in operational project management. M.: OOO "SIC" Apostrof"2000g. -C.156
54. A new method of 4D-modeling of buildings, the journal "Science and Technology", 24.02.2021. [electronic resource] - URL:<https://naukatehnika.com/metod-4d-modelirovaniya-zdanij.html> (date of reference: 17.04.2022)
55. Farella, E.M.; Özdemir, E.; Remondino, F. 4D Building Reconstruction with Machine Learning and Historical Maps. Appl.Sci. 2021, 11 c.