

УДК 65.015

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ГРУППОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Наумов Владимир Николаевич,

доктор военных наук, профессор СЗИУ РАНХиГС, г. Санкт-Петербург

Касперский Юрий Степанович,

аспирант ВУНЦ ВМФ «ВМА имени Н.Г. Кузнецова», г. Санкт-Петербург

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены проблемы моделирования групповой деятельности на примере анализа работы оператора в процессе предоставления услуг. Рассмотрены возможности описания и оценки процессов функционирования систем с помощью метода функциональных сетей и нотации Business Process Model and Notation (BPMN). Представлена модель подпроцесса работы оператора в процессе предоставления услуг с использованием метода функциональных сетей и нотации BPMN.

Ключевые слова: групповая деятельность; сетевые методы; функциональные сети; случайная величина; закон распределения; имитационное моделирование; дискретно-событийный подход.

ВВЕДЕНИЕ

Многие виды технических систем для своего функционирования требуют групповой деятельности целого ряда специалистов, выполняющих функции, определенные регламентами, должностными инструкциями и функциональными обязанностями.

Особенности работы человека в этих системах связаны с появлением эффектов организационных систем, элементов социальной психологии, коллективного принятия решений. Возникают проблемы общения – специализация в рамках сложных систем препятствует адекватному общению специалистов, работающих с разными моделями и использующими отличающийся понятийный язык.

Групповая деятельность предполагает наличие организационной структуры, построенной по иерархическому принципу: наличие руководителя, осуществляющего координирующие и целеполагающие функции и исполнителей, решающих локальные задачи управления. Цель групповой деятельности: обеспечить деятельность системы, выполнить поставленные задачи, получить необходимый продукт, предоставить услугу и др. Управление такой деятельностью предполагает наличие административной системы, которая осуществляется с помощью систем коммуникации и является дополнительным фактором, влияющим на поведение оператора в процессе выполнения поставленных задач, операций.

Как правило, групповая деятельность характеризуется:

- разнообразием входящих в нее элементов (операций, простейших технологических актов), выполняемых человеком или техническими средствами;
- значительным количеством этапов, наличием циклов, обратных связей, альтернативности;
- необходимостью наличия высококвалифицированных кадров;
- ограниченностью используемых материальных, затратных и временных ресурсов;
- возможными рисками в невыполнении (некачественном выполнении) задач деятельности и деятельности в целом.

Специфика человеческой деятельности, а также ее взаимодействия с техническими средствами исследуется в эргономике и в инженерной психологии [1]. Для оценки ее результативности и эффективности, выбора целесообразного варианта структуры, сравнения

различных альтернатив необходимо использовать методы и модели количественного описания.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

К исследованию систем «человек-техника» привлекаются различные методы. Традиционно для исследования различных процессов деятельности систем «человек-техника» используется метод функциональных сетей (ФС) [2].

К достоинствам ФС относятся:

1) аппарат ФС является удобным и достаточно общим средством моделирования и оценки широкого класса систем «человек-техника» и процессов их эксплуатации. Он позволяет в единых формализмах учесть специфические особенности поведения человека (оператора) и используемых им средств (техники, энергии, программ, информации);

2) аппарат ФС апробирован и успешно применяется для совершенствования систем «человек-техника» в различных приложениях;

3) используемый функциональный (структурный) подход к моделированию позволяет использовать методы процессного моделирования и процессного управления, что соответствует современной парадигме создания информационных систем;

4) одновременная оценка нескольких групп показателей (безошибочности, быстродействия, ресурсов, затрат) позволяет получить всестороннюю, многокритериальную оценку;

5) имеется возможность иерархического описания процессов путём декомпозиции отдельных типовых функциональных элементов (ТФЭ) функциональной сети;

6) накоплена база данных количественных характеристик для отдельных технологических операций, что позволяет получить количественные оценки для процессов, построенных на их основе.

Покажем модель процесса предоставления услуги заказчику в нотациях функциональных сетей (рис.1).

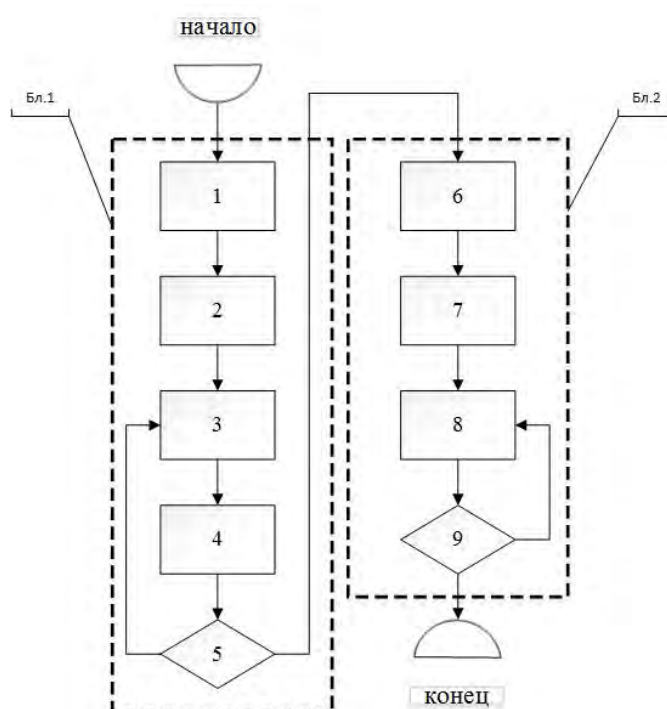


Рисунок 1 – Модель процесса предоставления услуги заказчику в нотациях функциональных сетей

Нумерация процессов представлена следующим образом:

- 1 – обращение с целью заказа услуги;
- 2 – обработка заявки;
- 3 – подача запроса о необходимых ресурсах;
- 4 – подготовка и отправка ответа;
- 5 – согласование с заказчиком;
- 6 – составление и отправка заявки на выполнение работ;
- 7 – выполнение работ по доставке;
- 8 – выполнение сборочных работ;
- 9 – утверждение акта выполненных работ.

Инструкция оператору (для указанной выше модели) выглядит следующим образом:

«Начало процесса обусловлено обращением заказчика с целью получения услуги (в данном случае доставки купленной мебели). Принявший заявку оператор в течение времени, не превышающего 2 минут, обязан её учесть и, подготовив запрос о необходимых ресурсах, направить его в исполняющее подразделение. После получения ответа оператор обязан согласовать процесс выполнения работ с заказчиком (в случае отрицательного результата – запрос о необходимых ресурсах пересматривается и отправляется повторно) и заказать перечень окончательных услуг с помощью заявки на выполнение работ, а затем направить её в исполняющее подразделение (максимальное время подготовки и отправки заявки – 3 минуты)».

Аналогично разрабатывается инструкция рабочей группы.

Необходимость наличия инструкций, поясняющих работу моделей процессов представляемых в нотациях функциональных сетей, является одним из недостатков данного метода.

Несмотря на достоинства и значительные возможности метода функциональных сетей, он все же обладает и рядом других недостатков:

- 1) значительная трудоемкость в реализации аналитических методов количественной оценки;
- 2) метод функциональных сетей не позволяет моделировать срывы процесса эксплуатации;
- 3) данный метод не связан с современными методами бизнес моделирования;
- 4) отсутствуют инструментальные средства автоматизированного анализа групповой деятельности и оптимизации ее структуры;
- 5) исключена возможность использования различных законов распределения, поиска функциональных зависимостей;
- 6) разработанный набор моделей для анализа и синтеза процессов функционирования из типовых структурных фрагментов, снабжённых формулами для вычисления естественных показателей безошибочности и ресурсных затрат ограничен 18-ю типовыми функциональными структурами [3];
- 7) алфавит ТФЭ не позволяет реализовать функционально-полный набор функций алгебры логики;
- 8) используемые графические обозначения не являются общепринятыми и не позволяют использовать сети для документирования процессов;
- 9) отсутствие визуального распределения задач по исполнителям.

Необходимо учесть, что метод функциональных сетей не учитывает состояние объекта в момент функционирования, а также взаимодействие, зависимость элементов.

Также серьезным ограничением метода является то, что в нем используется событийный подход к расчету вероятности безошибочного выполнения исследуемых процессов. Их значения не зависят от времени. Таким образом, временные и вероятностные характеристики не взаимосвязаны. Кроме того, расчеты показателей быстродействия ограничены только действиями с математическими ожиданиями и дисперсиями, что не позволяет построить законы распределения общего времени выполнения всего процесса.

Конечно, можно сделать допущение о том, что продолжительность выполнения подпроцессов подчиняется нормальному закону распределения. Тогда по вычисленным характеристикам можно синтезировать законы распределения и исследовать такие свойства, как оперативность, своевременность. Определять вероятность выполнения процесса к заданному сроку, определить требуемые лимиты времени и др. Отметим, что такое допущение возможно, в соответствии с предельными теоремами теории вероятностей, когда частные функции (операции) выполняются последовательно, их число велико, и суммируемые случайные величины имеют примерно одинаковые дисперсии. В противном случае следует пользоваться положениями теории вероятностей и рассматривать системы случайных величин.

Для практического применения этого допущения рассмотрим простейший фрагмент функциональной сети, включающий два последовательных блока рабочих операций (блоки 7 и 8). Предположим, что складываемые случайные величины, время выполнения каждой операции, независимы. Тогда говорят о композиции законов распределения.

Пусть X – время завершения процесса 7, Y – время завершения процесса 8; Z – время завершения обоих процессов.

$$Z = X + Y \quad (1)$$

Нормальный закон распределения является устойчивым. Сумма двух нормально распределенных случайных величин, также нормально распределена. Также дело обстоит с треугольным законом. Следовательно, зная математическое ожидание и дисперсию для нормального закона или левые и правые границы для треугольного закона величин X , Y , можно получить закон распределения Z .

Однако при исследовании вопросов, связанных с ошибками операторов, с технической надёжностью систем «человек-техника», часто используют экспоненциальный закон распределения. Рассмотрим композицию двух экспоненциальных законов распределения.

$$f_1(x) = \lambda_1 e^{-\lambda_1 x}, f_2(y) = \lambda_2 e^{-\lambda_2 y} \quad (2)$$

После несложных преобразований [4] получим:

$$g(z) = \lambda_1 \lambda_2 \frac{(e^{-\lambda_1 z} - e^{-\lambda_2 z})}{\lambda_2 - \lambda_1} \quad (3)$$

где $g(z)$, $f(x)$, $f(y)$ – соответствующие законы распределения;

λ – параметр обратно пропорциональный математическому ожиданию.

Представим (3) на графике (рис.2).

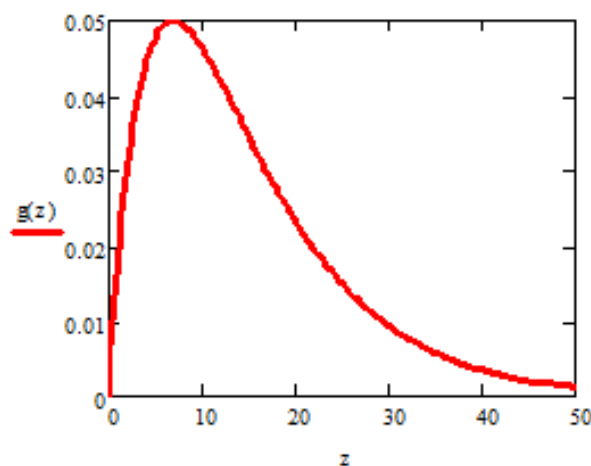


Рисунок 2 – Композиция двух показательных законов распределения

Данный закон является обобщенным законом Эрланга 2-го порядка с математическим ожиданием $m_z = 1/\lambda_1 + 1/\lambda_2$ и дисперсией $\sigma_z^2 = 1/\lambda_1^2 + 1/\lambda_2^2$.

В случае, если суммируются две величины с одинаковыми законами распределения, то после раскрытия неопределенности, получим закон Эрланга 2-го порядка

$$g(z) = \lambda_1 z e^{-\lambda z} \quad (4)$$

Таким образом, закон распределения изменился. Данный закон не является устойчивым относительно суммирования. Что свидетельствует о недостаточности оценки только характеристик законов распределения или характеристик случайной величины Z .

Отметим также, что на деле же рассмотренные выше процессы не являются независимыми. И расчёт параметров необходимо производить с помощью показателя степени взаимозависимости – коэффициента корреляции. Учёт зависимости параметров процессов усложняет процесс аналитической обработки информации операторами, не обладающими специальными навыками (к числу которых часто относятся лица, ответственные за принятие решения об изменении групповой деятельности).

В случае необходимости учитывать несколько случайных величин (параметров процесса) и их взаимозависимостей провести аналитические расчёты становится невозможным. Кроме того, функциональные сети не позволяют исследовать групповую деятельность в условиях потоков заявок, что часто происходит в реальной ситуации.

Поэтому при анализе групповой деятельности специалистов следует использовать не только аналитические, но и, например, имитационные модели. Известно [5], что существуют несколько парадигм имитационного моделирования: дискретно-событийное моделирование, динамические системы, системная динамика, многоагентное моделирование.

Дискретно-событийный подход к имитационному моделированию является одним из самых популярных. Он основан на моделировании реакции системы на возникающие в дискретные моменты времени события. Дискретно-событийное моделирование используется для построения модели, отражающей развитие системы во времени: когда состояния изменяются мгновенно в конкретные моменты времени. Основное содержание таких моделей составляют процессы управления временем, обнаружения моментов наступления событий и изменения состояния системы после возникновения событий. События наступают в случайные моменты времени.

Моделируемый процесс – это упорядоченная во времени последовательность наступления событий. Процесс можно рассматривать как поток заявок, а моделируемую

систему – как систему массового обслуживания. Таким образом, математической схемой моделируемой системы является система (или сеть) массового обслуживания. Поэтому дискретно-событийное моделирование также называется потоковым программированием [6].

В качестве примера рассмотрим применение дискретно-событийного моделирования при анализе процесса предоставления услуги заказчику. Каждый элемент функциональной сети (рис. 1) представим одной системой массового обслуживания. Полученная стохастическая сеть приведена на рисунке 3.

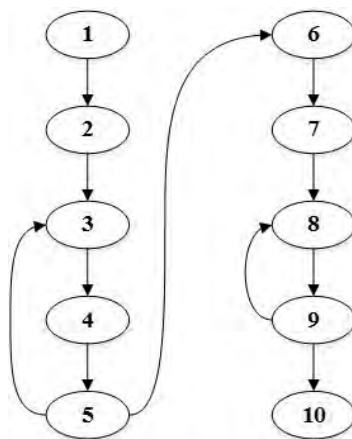


Рисунок 3 – Стохастическая сеть

Построим имитационную модель в системе моделирования AnyLogic (рис. 4).

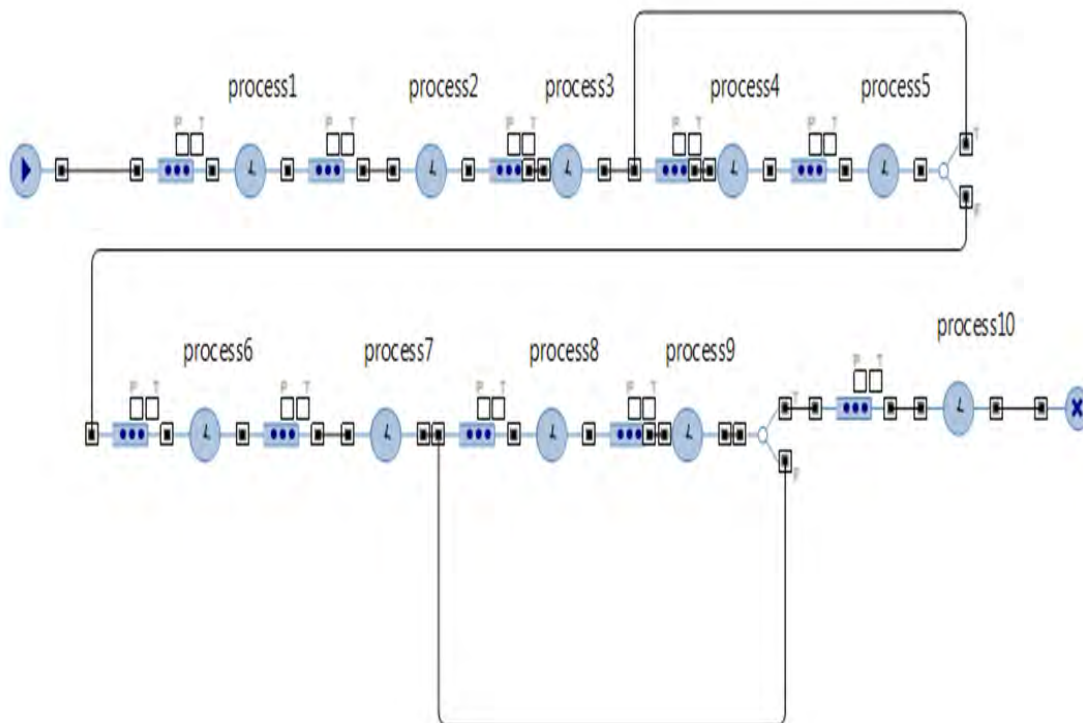


Рисунок 4 – Имитационная модель процесса

Эксперименты над полученной имитационной моделью позволят получить эмпирические законы распределения времени выполнения всего процесса. Аналогично, исполь-

зую статистические счетчики числа событий, можно оценить вероятность успешного и неуспешного завершения процесса. Отметим, что существующие библиотеки законов распределения случайных величин, встроенные в любую систему имитационного моделирования, позволяют численно решить проблему композиции любых классических законов распределения.

Обработка сетью одной заявки может быть рассмотрена как один экземпляр исследуемого процесса групповой деятельности. Это соответствует BPM методологии, основу которой составляет бизнес-моделирование процессов. В качестве одного из языков такого моделирования может быть выбран язык BPMN. Нотация BPMN позволяет выделить исполнителей для каждого действия. Что в свою очередь способствует облегчению контроля и чёткого выделения ролей исполнителей.

Описание групповой деятельности при использовании данной нотации происходит с помощью минимального программирования. При этом обеспечивается необходимый уровень детализации процесса. Простота моделирования даёт возможность создать работающий прототип, протестировать его работу, на самом раннем этапе выявить степень соответствия модели реальному процессу [7].

Нотация BPMN позволяет начать с разработки высокоуровневой аналитической модели, которая даёт общее представление о характере исполнения процесса. По мере роста понимания того, как должен исполняться процесс, модель расширяется, уточняется и углубляется. Результатом моделирования становится исполняемая модель процесса. Данная нотация позволяет моделировать взаимодействие с внешними объектами и описывать роли, которые участвуют в процессе опосредованно. А также выделить роли, распределить процессы между ними, задать логику процессов, добавить комментарии. Модель процесса становится самодостаточной и не требует дополнительных текстовых пояснений.

На рисунке 5 приведена диаграмма процесса предоставления услуги заказчику в данной нотации, построенная в Bizagi.

Диаграмму следует рассматривать как логическую модель исследуемой групповой деятельности, т.к. она однозначно определяет данную деятельность. По диаграмме, используя инструменты Bizagi, возможно построить имитационную модель и решить задачу оценки параметров процесса.

ВЫВОДЫ

В настоящее время основными элементами большинства систем сложных систем являются операторы. Для исследования их групповой деятельности разработаны и широко применяются используются различные инструментальные средства. Однако они далеки от совершенства. К примеру, несмотря на значительные возможности метода функциональных сетей, он все же обладает существенным недостатком – отсутствием возможности использования различных законов распределения и быстрого изменения расчетов при изменении параметров.

Ряд недостатков метода ФС позволяет устранить применение имитационного моделирования. Для этого возможно использовать различные парадигмы, в частности, парадигму дискретно-событийного моделирования и различные инструменты, например, Bizagi или AnyLogic. Их использование предусматривает построение имитационной модели и проведение экспериментов с её помощью. Для построения имитационной модели групповой деятельности целесообразно использовать ставший де-факто стандартом язык BPMN. Диаграмма на данном языке может быть рассмотрена как логическая модель групповой деятельности. Ее построение занимает промежуточное место между этапом концептуального описания и этапом разработки машинной модели.

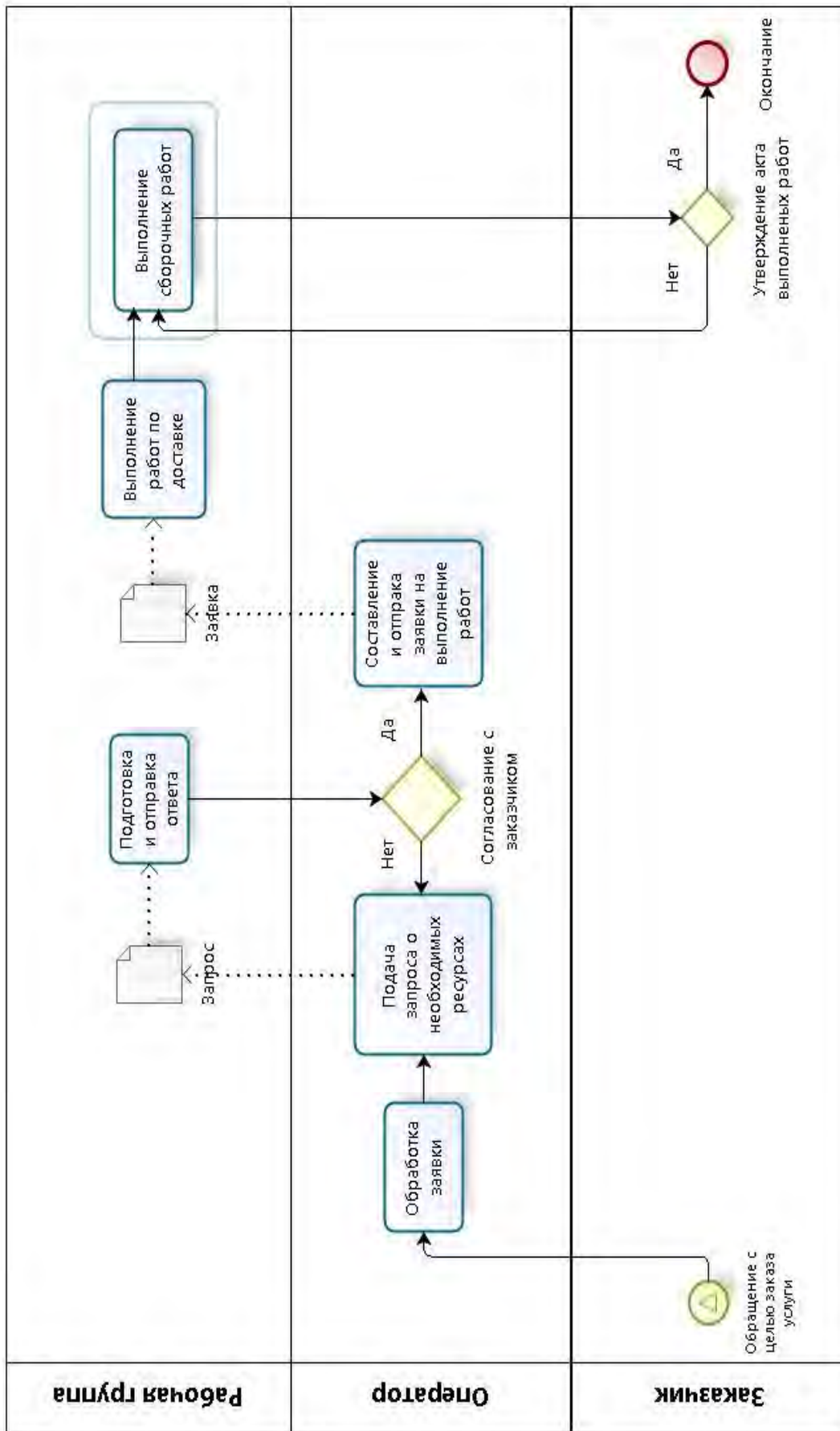


Рисунок 5 – Модель процесса предоставления услуги заказчику в нотациях BPMN

Список литературы

1. Сергеев С.Ф. Инженерная психология и эргономика: Учебное пособие. – М.: НИИ школьных технологий, 2008. – 176 с.
2. Чабаненко П.П. Исследование безопасности и эффективности функционирования систем человек-техника эргосетями. – Севастополь: АВМС, 2012. – 160 с.
3. Адаменко А.Н., Ашеро́в А.Т., Бердни́ков И.Л. и др Информационно-управляющие человеко-машинные системы: исследование, проектирование, испытания: справочник. – М.: Машиностроение, 1993. – 528 с.
4. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2000. – 480 с: ил.
5. Наумов В.Н. Элементы имитационного моделирования. – СПб.: изд СЗИУ, 2016. – 261 с.
6. Наумов В.Н. Методы и средства системного анализа: монография. – СПб.: ИПЦ СЗИУ– фил. РАНХ и ГС, 2014. – 310 с.
7. Федоров И. Г. Моделирование бизнес-процессов в нотации BPMN 2.0: научно-практическое издание. – Москва: МЭСИ, 2013. – 255 с.

УДК 658.5

МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА АВТОМАТИЗИРУЕМЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОДСИСТЕМ В ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Наумов Владимир Николаевич,

*докт. воен. наук, профессор Северо-Западного института управления-филиала
РАНХиГС, г. Санкт-Петербург*

Кучеренко Дмитрий Викторович,

*аспирант Северо-Западного института управления-филиала РАНХиГС
г. Санкт-Петербург*

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрена модель оптимизации перечня автоматизированных функциональных подсистем в портфеле проектов по созданию и совершенствованию информационной инфраструктуры органов государственной власти Санкт-Петербурга. Математическая постановка задачи оптимизации позволяет решить ее традиционными методами линейного программирования

Ключевые слова: государственные информационные системы; функциональные подсистемы; модель оптимизации; задача линейного программирования; оптимальный план автоматизации.

В Санкт-Петербурге ведется активная работа по автоматизации деятельности исполнительных органов государственной власти. Создаются новые, а также развиваются уже существующие государственные информационные системы (ГИС). В настоящее время в Санкт-Петербурге существует 84 ГИС. Данные системы обеспечивают создание информационного ландшафта, информационной инфраструктуры органов государственного управления и направлены на развитие информационного общества, на реализацию государственной программы «Информационное общество».

Создание и развитие сложных и дорогостоящих ГИС определяет необходимость четкой организации планирования таких работ по этапам, составу и срокам реализации, а также необходимость расчета трудозатрат в условиях ограниченного бюджета финанси-