

Липецкий государственный технический университет

Кафедра автоматизированных систем управления

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОЛОГИЙ
ИНФОРМАТИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ**

СБОРНИК

материалов научно-технической конференции студентов кафедры АСУ

2 апреля 2021 г.

Материалы публикуются в авторской редакции с частичным сохранением авторской верстки

Липецк, 2021 г.

Содержание

| | |
|---|----|
| <i>Бутов П.Н.</i> Разработка методов оптимизации 3D-печати с целью повышения прочности напечатанных элементов | 3 |
| <i>Комаричева А.Г.</i> Применение имитационного моделирования для анализа эффективности бизнес-процессов медицинской организации | 19 |
| <i>Кривняк В.Г.</i> Прогноз выходов работников на пенсию в рамках автоматизированной системы определения потребности в персонале на предприятии | 29 |
| <i>Лапшова А.Г.</i> Анализ методов прогнозирования хода выполнения строительно-монтажных работ при выполнении капитального ремонта домов | 35 |
| <i>Хрипченко А.И.</i> Разработка автоматизированной системы построения оптимальных маршрутов городского общественного транспорта на основе данных геолокации..... | 44 |

Разработка методов оптимизации 3D-печати с целью повышения прочности напечатанных элементов

П.Н. Бутов, группа ПИ-17

Аннотация. Представлен анализ механического поведения деталей, изготовленных с применением 3D-печати, с целью разработки методов оптимизации прочности.

1. Обзор технологий 3D-печати

Технологии 3D печати - производственный процесс, метод изготовления трехмерных твердых объектов, сформированных в системах автоматизированного проектирования. В аддитивном процессе объект создается путем укладки последовательных слоев материал, пока не будет создан весь объект. В этой работе механические свойства и поведение 3D-печатного объекта должны быть изучены путем варьирования такие параметры, как толщина слоя, ориентация и т.д. Различные испытания, такие как испытание на растяжение, испытание на сжатие, испытание на изгиб и испытание на удар, чтобы определить будут проведены характеристики отказов таких материалов. На основании экспериментальных результатов можно определить зависимость напряженно-деформированного состояния и критерий разрушения. Затем прочность и механические свойства 3D-печатного образца сравниваются с изделием, изготовленным из обычных материалов. Способ производства, т.е. с помощью автоматизированный процесса литья под давлением. Результаты испытаний и микроскопические наблюдения подтвердили, что 3D-печать изделия имеют анизотропную структуру и имеют преимущества перед традиционными производственными процессами создания.

Во всем мире технология 3D печати является сложной задачей и находится на грани радикального изменения правил «для чего», «как и почему», «где все создано», как производство буквально приезжает домой.

Каждая отдельная отрасль промышленности революционизируется с помощью 3D-печати. 3D печать — это не оборудование, это не программное

обеспечение, это не дизайн, но идеальное сочетание всего этого. Если более ранняя технология 3D печати была принята в быстром темпе прототипирование для эффективного сокращения сроков разработки продукта время, теперь его применение расширилось до разработки любого продукта как пожелаем.

Время выхода созданного продукта на рынок резко сокращается, когда прототипы изготавливаются методом 3D-печати, чем обычные методы прототипирования.

Механические свойства и качество 3D-печатного компонента зависят от многих разнообразных факторов. Некоторые из них — это толщина слоя, которую мы принимаем для печати, ориентация, воздушный зазор и т. д. Каждый из них имеет свое собственное влияние на продукт.

Весь процесс 3D-печати разделен на три этапа: предварительная обработка, включая 3D-дизайн и нарезку, обработку и постобработку. Это схематически показано на рис. 1.

Моделирование межслойного плавления, проще называть анализом метода FDM путем изменения толщины слоя. После чего следует проводить сравнение с автоматизированным процессом литья под давлением. Моделирование межслойного плавления происходит путем экструзии материала через сопло для печати одного поперечного сечения объекта, а затем опускает платформу, чтобы повторить процесс для нового слоя. Сопло принтера содержит резистивные нагреватели, которые почти расплавляют пластик, протекающий через сопло и образующий новый слой. Экструдированный слой связывается со слоем под ним и немедленно затвердевает. Этот процесс повторяется несколько раз, пока объект не будет закончен.

Метод FDM также использует вспомогательный материал. Этот материал используется для поддержки детали во время печати. После того как деталь закончена, опорный материал должен быть удален. Это можно сделать ультразвуковой очисткой на водяной бане или растворением несущего материала.

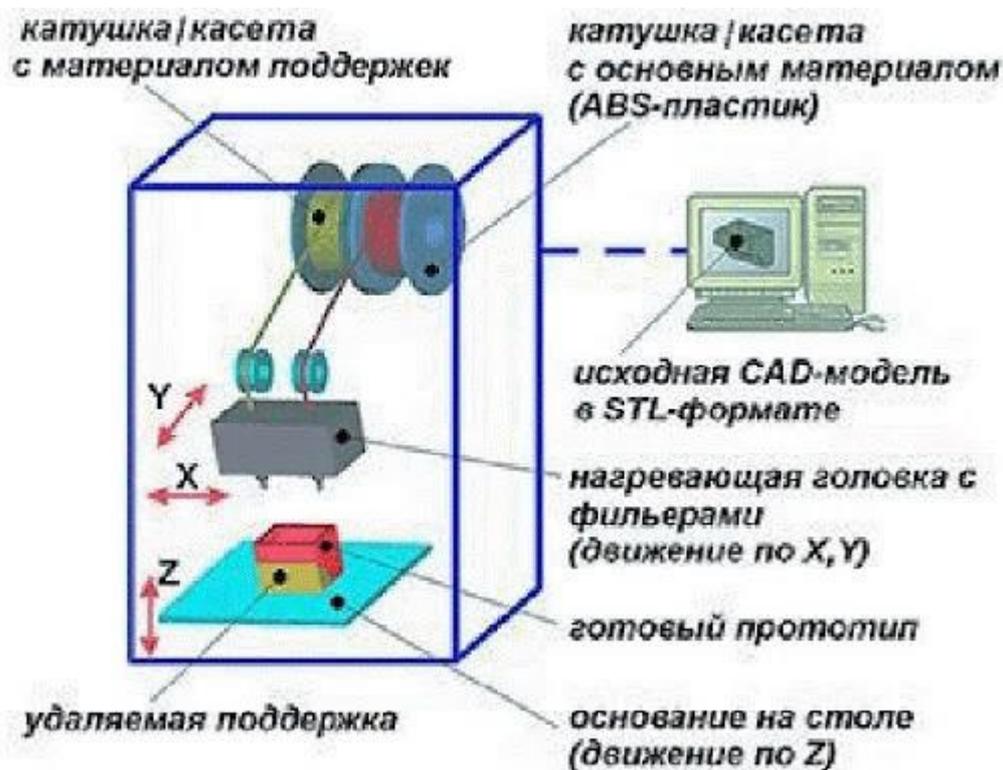


Рисунок 1 – Структура процесса печати.

Экспериментальные образцы для испытаний методом FDM подготавливаются в соответствии с размерами требуемой модели. Они разработаны при проектировании с помощью программного обеспечения 3D-Компас, либо Autodesk. Затем они преобразуются в формат STL для дальнейшей обработки в программном обеспечении для «нарезания» моделируемой детали на слои. Затем, задавая требуемые параметры, генерируется файл в формате Gcode. После подключения к машине FDM, и выполнения команд, прописанных в файле Gcode, осуществляется печать.

3D-принтеры на основе наплавки создают детали из слоев пластика, уложенных друг на друга. Почти всегда молекулярные связи, образующие саму экструзию материала, прочнее, чем адгезионные связи одной экструзии пластика, наложенной на другую. Если представить слои, как трещины или текстуру дерева - это кусочки материала, сложенные вместе, поэтому их легко разделить вертикально или протолкнуть друг мимо друга со сдвигом.

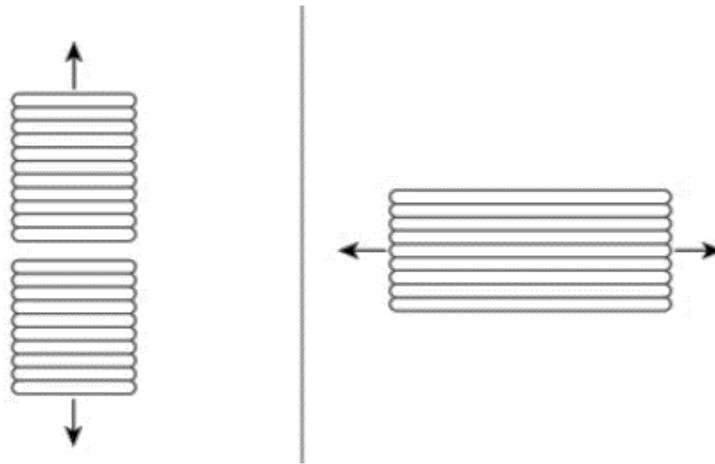


Рисунок 2 – Отображение вертикального и горизонтального воздействия на деталь.

Вертикальное приложение силы будет разделять детали по линиям слоев, в то время как горизонтальные силы обычно распределяют эти нагрузки вдоль нитей накала.

Перед печатью следует определить, где находятся давления и нагрузки детали, и как они будут распространяться по модели. Где деталь будет подвергаться изгибаниям, растяжениям.

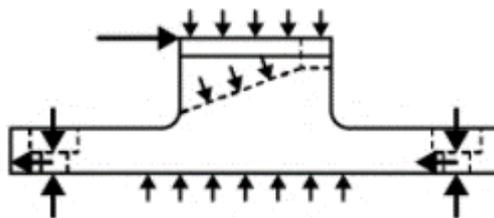


Рисунок 3 – Нагрузки, оказываемые на деталь.

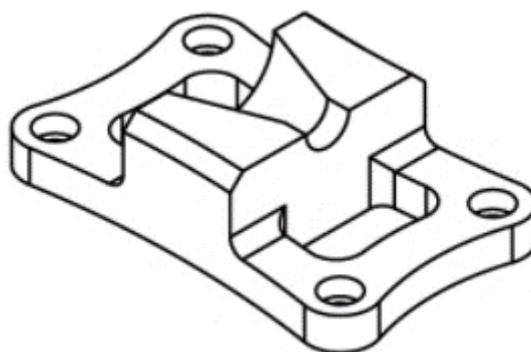


Рисунок 4 – Представление детали.

Высота слоя при 3D-печати существенно не влияет на прочность детали. Более тонкие слои имеют больше экструзии материала на деталь, но нити имеют меньшее поперечное сечение. Более толстые слои имеют меньшее количество более толстых экструзий. Высота слоя и поперечное сечение шарика существенно уравнивают друг друга и делают прочность различных высот слоя примерно эквивалентной. Специфика часто сводится к настройкам определенных материалов и принтеров.

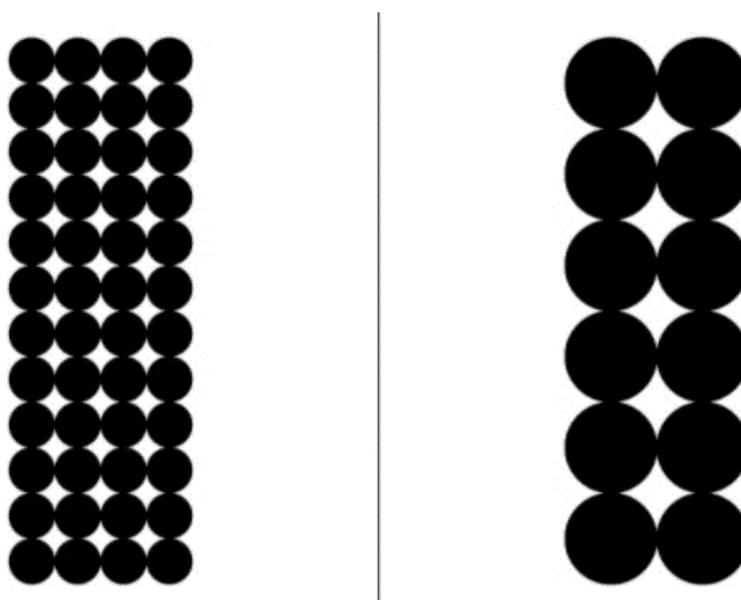


Рисунок 5 – Поперечное сечение тонкого и толстого слоев.

На рисунке 3 представлено поперечное сечение тонкого слоя в сравнении с высотой грубого слоя, показывая, что они имеют примерно одинаковое количество материала на экструзию. Небольшая высота слоя улучшает точность детали, но существенно не повышает прочность.

Количество оболочек или крыш и полов, оказывает влияние на большую часть прочности на изгиб. Оболочки также обычно улучшают предел прочности на растяжение в плоскостях, параллельных рабочей пластине, поскольку они имеют тенденцию следовать траекториям нагрузки в зависимости от геометрии детали.

Заполнение не влияет на прочность детали на изгиб в такой степени, как оболочки, есть несколько причин, по которым заполнение является ценным.

Заполнение действительно добавляет детали жесткости и предотвращает деформацию стенок детали и проседание крыши. С менее плотным узором заполнения ухудшается качество печати и успех детали, поэтому типичные образцы заполнения при 3D-печати обычно варьируются от 30 до 50. %.

3D-принтер, Ender3, был использован для печати образцов для проведения испытаний на растяжение, изгиб. Был использован материал PLA и PETG средней цены, похожий на нить накаливания. Образцы печатались под растровыми углами ориентации 0°, 45° и 90° для проверки влияния ориентации на прочность детали. Нить PLA также была испытана на растяжение.

Испытания на растяжение 3d-печатных образцов показали, что угол ориентации растра 45° делает самый прочный образец. Для проведения испытаний на изгиб печатной детали использовался ручной физический метод. Нить PLA проявляла механические свойства, аналогичные свойствам печатного образца, – при испытании при достаточно высоких скоростях деформации, которые повреждение ползучести не играло существенной роли. Это может привести к последствиям для переработки неудачных заданий 3d-печати и превращения их обратно в многоцветные нити накала.

Это исследование направлено на то, чтобы начать понимать поведение 3D-печатного пластика PLA, либо PETG.

Образцы были напечатаны для изучения прочности на растяжение, прочности при изгибе. В программе 3D-Компас создана тестируемая модель и сохранена в формате STL. Открыв модель в слайсере Cura, произведен расчет печатающей модели при 30% заполнении. Программа будет «нарезать» деталь в чередующихся растровых ориентациях, слой за слоем.

Был создан пользовательский профиль печати для печати образца полностью в одной растровой ориентации для каждого образца для изучения ориентации печати в зависимости от анизотропии материала.

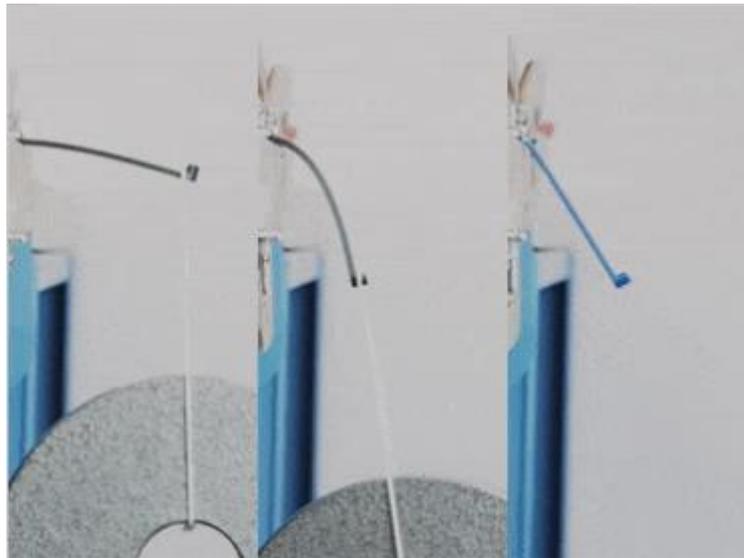


Рисунок 6 – Испытание подготовленной детали

Ключевой проблемой 3D-печати является преобразование цифровой модели в набор команд, который можно распечатать. Типичный процесс печати 3D-модели начинается с 3D-цифровой модели. Модели создаются в системах автоматизированного проектирования (САП) и экспортируются как файлы (.stl). Файлы .stl описывают геометрию поверхности объекта с помощью полигонов. Эти файлы затем импортируются в систему программного обеспечения для нарезки и нарезаются.

Нарезка - это процесс, при котором система преобразует файл .stl, представляющий собой 3D-модель, во множество горизонтальных 2D-слоев (как уже упоминалось ранее, высотой около 0,2 мм) и генерирует набор инструкций для 3D-принтера, чтобы он мог распечатать желаемый компонент.

Вывод, генерируемый системой нарезки, известен как Gcode, который является языком управления, используемым в 3D-принтерах и многих других производственных машинах, включая фрезерные станки с числовым программным управлением (ЧПУ). Gcode — это текстовый файл, содержащий последовательность команд, которые будут генерировать компонент. Большинство команд содержат координаты X, Y и Z, поэтому двигатели могут перемещать печатающую головку и платформу для печати в нужное место в дополнение к количеству материала для выдавливания. Другие команды устанавливают температуру экструзии и другие настройки принтера.

Системы нарезки играют важную роль в извлечении цифрового объекта из файла .stl и преобразовании его в объект, который можно распечатать. Во время нарезки можно изменить множество параметров, которые повлияют на качество и характеристики окончательной модели. Это включает в себя высоту слоя, количество оболочек, добавляемые опоры, тип заполнения, процент заполнения, скорость экструзии и температуру экструзии.

Количество оболочек — это общее количество внешних периметров, которые будут напечатаны, при этом обычно выбираются две оболочки.

Опорные конструкции также могут быть включены во время резки. Это может быть необходимо, потому что по мере того, как модель строится слой за слоем по вертикали, новый материал откладывается поверх ранее нанесенного материала. Следовательно, если модель имеет выступы, непосредственно под ним не будет ранее размещенного материала, на который можно было бы положить новый материал. Таким образом, включены простые опорные конструкции, которые можно удалить после того, как модель будет напечатана. Добавление опорных структур действительно увеличивает количество отходов в процессе FDM. Если объект можно переориентировать так, что опорный материал не нужен, то материал будет сохранен.

Несмотря на все свои достоинства, 3D-печать все еще находится на начальном этапе развития технологии, и есть много возможностей для улучшений. Многие из этих улучшений направлены на решение разнообразных проблем, с которыми сталкиваются пользователи 3D-принтеров. Их можно кратко охарактеризовать как проблемы с надежностью и повторяемостью, которые включают засорение нити накала или деформацию конечных компонентов. Другие проблемы являются результатом неоптимальных настроек нарезки. Это может привести к тому, что конечная деталь не сможет выдержать нагрузку, на которую она была рассчитана, и выйдет из строя, или конструкция будет переоценена, что приведет к потере материала и времени печати.

Основными факторами, влияющими на прочность конечной части, являются количество используемых оболочек, тип заполнения и процент

заполнения. Это все параметры, которые пользователь определяет во время нарезки. Более высокий процент заполнения и большее количество оболочек приводят к более прочной детали за счет использования большего количества материала. Однако печать большего количества материала обходится дороже и требует больше времени для печати. Поэтому исследования по поиску оптимального баланса между временем печати, использованием материала и прочностью являются ключевыми.

Выбор настроек нарезки — скорее достигается методом догадок, «шаманством», чем наукой, и это служит препятствием для использования 3D-печати в масштабах всей отрасли. Эффективный и надежный метод оптимизации заполнения поможет устранить эти препятствия.

Основная цель этого исследования - разработать и изучить стратегию создания и печати оптимизированного дизайна заполнения для 3D-печатных компонентов. Оптимизация основана на условиях нагрузки детали для повышения ее производительности с учетом двух конкретных показателей: прочности к весу и времени от прочности до печати.

Для достижения этой цели исследование было разделено на 2 задачи. Первой целью было разработать стратегию, которая позволит спроектировать и напечатать оптимизированный дизайн заполнения для конструкции с любыми условиями нагрузки.

Вторая цель заключалась в оценке характеристик конкретного случая нагрузки; балка прямоугольного сечения при трехточечном нагружении. Оптимизированные конструкции были напечатаны и протестированы на стандартных шестиугольных балках. Чтобы стратегия была успешной, показатели для оптимизированных балок должны быть выше показателей для стандартных балок.

Будущий потенциал этой работы состоит в том, чтобы предложить оптимизатор заполнения внутри системы FE (Finite Element), где пользователю нужно только ввести местоположение и величину сил, которые будет испытывать деталь, а программное обеспечение рассчитает оптимальный

образец заполнения и срез. модель готова к печати. Благодаря этой работе 3D-печать сможет использоваться в большем количестве промышленных приложений и для инженерных конструкций, где соотношение прочности к весу очень важно. Это также внесет анализ в процесс проектирования.

Подходы к оптимизации компонентов, напечатанных на 3D-принтере, следующие. Механические свойства носителей для 3D-печати сильно отличаются по сравнению с тем же материалом, который был отлит или отлит под давлением. Это связано с тем, что детали, напечатанные на 3D-принтере, состоят из множества очень тонких слоев, связанных вместе, а не из одной структуры. Это приводит к тому, что детали, напечатанные на 3D-принтере, менее механически прочны, чем их литые аналоги. Однако несмотря на то, что компоненты, напечатанные на 3D-принтере, не так прочны с механической точки зрения, как детали, изготовленные методом субтрактивного производства, их все же можно считать механически функциональными.

Толщина слоя играет важную роль в определении механических свойств готового 3D-печатного компонента. Было показано, что по мере увеличения толщины слоя максимальная сила изгиба 3D-печатных деталей, в испытании на трехточечный изгиб, уменьшается. Предел прочности на разрыв также снижается с увеличением угла растра.

Эластичные свойства компонентов, напечатанных на 3D-принтере, были протестированы при использовании элементов. Было показано, что три параметра: толщина слоя, угол растра и воздушный зазор существенно повлияли на упругие свойства печатных элементов.

Температура печати — это еще один параметр нарезки, который можно изменить. Проводя эксперименты, было определено, что изменение температуры печати не оказывает значительного влияния на предел прочности при растяжении образцов.

Другой разработанный алгоритм оптимизирует ориентацию деталей, напечатанных на 3D-принтере, для увеличения их прочности на разрыв с помощью адаптивного нарезания. Алгоритм анализирует поперечные сечения

конструкции, чтобы найти области с наибольшим напряжением, и переориентирует модель в другую плоскость, чтобы увеличить количество материала в этих областях и, таким образом, увеличить механическую прочность деталей при печати.

При подготовке к 3D-печати используются программы нарезки. Существует программа нарезки Simplify3D, который дает пользователям большую свободу при нарезке. Основное преимущество этого программного обеспечения заключается в том, что оно позволяет пользователям выбирать различные области своей 3D-модели CAD и изменять процент заполнения в этих различных областях. Это означает, что пользователи могут увеличить процент заполнения в более нагруженных областях и уменьшить заполнение в менее нагруженных областях. Однако это программное обеспечение требует ручного опыта и не включает никаких интеллектуальных процессов, позволяющих делать это автоматически. Таким образом, это усовершенствование стандартных систем нарезки, которые допускают только один процент заполнения для всей модели, но не содержат никаких автоматических способов оптимизации заполнения. Кроме того, пользователи могут использовать только предлагаемые стандартные шаблоны заполнения и изменять процент локального заполнения этих шаблонов в модели. Не существует специальных шаблонов заполнения, разработанных специально для модели.

Второй доступной программой нарезки является Altair OptiStruct. Она представляет собой систему оптимизации с множеством функций, включая оптимизацию топологии. Он может создавать сочетание решетчатых и твердых секций, которые подходят для процесса 3D-печати.

Однако эта программная система не создает файл для 3D-печати, который можно распечатать на 3D-принтере. Он просто генерирует оптимизированный дизайн на основе входных параметров, определенных пользователем. Ключевым моментом при создании файлов для 3D-печати является возможность печати созданной геометрии.

2. Стратегии и методы оптимизации 3D-печати

В этом разделе обсуждаются методы, которые учитывались при разработке стратегии оптимизации, а затем подробно описывается выбранный метод.

Первый рассмотренный вариант заключался в получении результатов метода конечных элементов, где распределение напряжений по балке рассчитывалось на основе применяемых условий нагрузки. Это распределение напряжения затем будет использоваться для создания шестиугольников разного размера, где меньшие шестиугольники и, следовательно, больше материала будут размещены в областях с более высоким напряжением, а области, которые менее напряжены, будут иметь шестиугольники большего размера. Этот метод оптимизировал всю трехмерную структуру, поэтому потребовалось много итераций для получения оптимизированного результата.

Второй рассмотренный вариант включал в себя взятие полой оболочки компонента и создание твердых распорок вдоль силовых путей, рассчитанных на основе метода конечных элементов. Эти прочные стойки помогли бы передавать нагрузку через деталь и поддерживать прилагаемую нагрузку. Этот метод включает в себя трехмерный анализ и поэтому требует больших вычислительных ресурсов, чем двухмерный анализ.

Стратегия выбранного метода начинается с выполнения метода конечных элементов компонента на основе условий его нагрузки. Это создаст распределение напряжения, которое импортируется в MATLAB. Это распределение напряжений затем используется для проектирования схемы заполнения компонента. Внутри компонента устанавливается прямоугольная сетка, и ячейки в этой сетке с напряжением выше определенных значений будут заполнены дополнительным материалом. Набор инструкций для принтера на основе этой сетки и шаблона заполнения записывается в текстовый файл. Затем этот текстовый файл можно преобразовать в файл для печати и распечатать на 3D-принтере.

3. Использование метода конечных элементов

Цель использования метода конечных элементов - оценить распределение напряжений в компоненте в зависимости от условий его нагружения, которые будут использоваться для проектирования схемы заполнения. В этом разделе описывается, как находится этот дистрибутив. Autodesk Simulation Mechanical был выбран для этой стратегии в качестве метода конечных элементов, поскольку он позволял экспортировать распределение напряжений модели в виде файла .csv (переменные, разделенные запятыми).

Первым шагом стратегии является импорт .stl-файла модели. Метод конечных элементов работает путем разделения модели на мелкую сетку очень малых объемов, над которой выполняется анализ напряжений. Первым этапом является построение сетки модели. Шаблон заполнения, используемый в этой стратегии, основан на регулярной прямоугольной сетке и, таким образом, для упрощения процесса текущий метод ограничен использованием регулярной кубовидной сетки. Причина в том, что кубовидная сетка напрямую сопоставляется с используемой напечатанной сеткой заполнения. Следовательно, размер ячейки такой же, как размер прямоугольной сетки, используемой в дизайне рисунка заполнения. Таким образом, выбор более мелкой сетки с большим количеством квадратов приведет к более мелкой заполняющей сетке.

Затем пользователь должен применить условия нагрузки и ограничения к модели в программе на основе условий нагрузки, с которыми будет сталкиваться печатный компонент. Это включает ограничение определенных граней модели, которые, как известно, не могут двигаться; например, встроенная консольная балка. Прилагаемые нагрузки могут быть в виде давлений, точечных нагрузок или моментов.

Затем можно выполнить анализ напряжений, который выдаст распределение напряжений. На рисунке 3 показано распределение напряжений по Мизесу в результате нагрузки на балку прямоугольного сечения при

трехточечной нагрузке. Простые опоры (красные треугольники) и точечную нагрузку (зеленая стрелка) Эта балка прямоугольного сечения является балкой, выбранной в качестве доказательства концепции стратегии, разработанной в этом исследовании. Балка имеет длину 180 мм, высоту 60 мм и глубину 20 мм. Простые опоры находятся на расстоянии 120 мм друг от друга. Это распределение напряжений затем экспортируется как файл .csv в MATLAB.

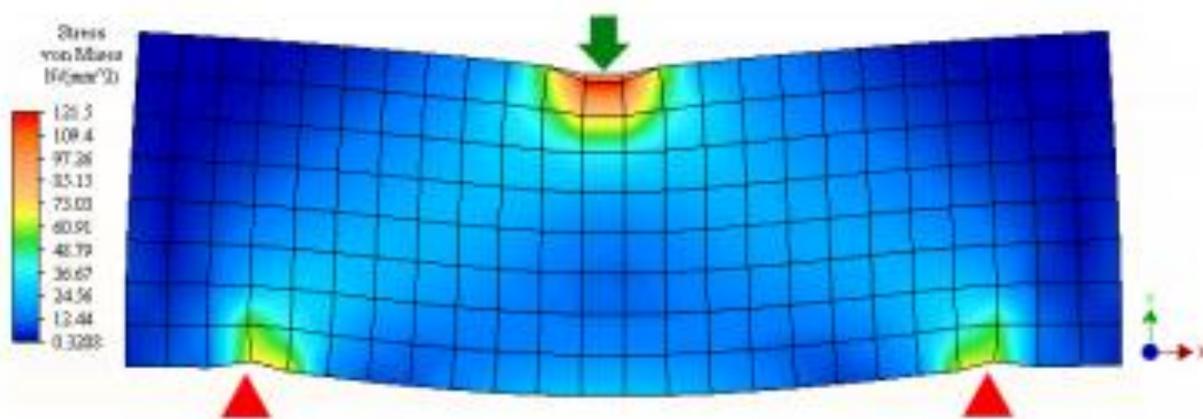


Рисунок 7 – контурный график напряжений по Мизесу балки в условиях трехточечного изгиба.

Программа выполнит итерации, чтобы добавить материал в определенные ячейки сетки. Узлы модели FEA расположены так, что они лежат в центре каждой ячейки в напечатанной сетке заполнения. Рассчитываются два значения порогового напряжения, при этом в ячейки сетки со значениями напряжения ниже нижнего значения порогового напряжения не будет добавляться никакой материал. К ячейкам со значением напряжения выше нижнего порога будут добавлены две поперечины. К ячейкам выше верхнего порога будет добавлен звездный узор.

Весь Gcode файл, полученный путем преобразования, записывается в текстовый файл. После завершения оптимизации этот текстовый файл, можно затем загрузить на 3D-принтер и распечатать оптимизированную модель

Были испытаны различные балки с шестиугольным заполнением, чтобы обеспечить эталон для сравнения с оптимизированными балками. Было выбрано

шестиугольное заполнение, Процент заполнения был выбран: 5%, 10%, 15. На рисунке 4 показан рендер каждого из этих разрезов.

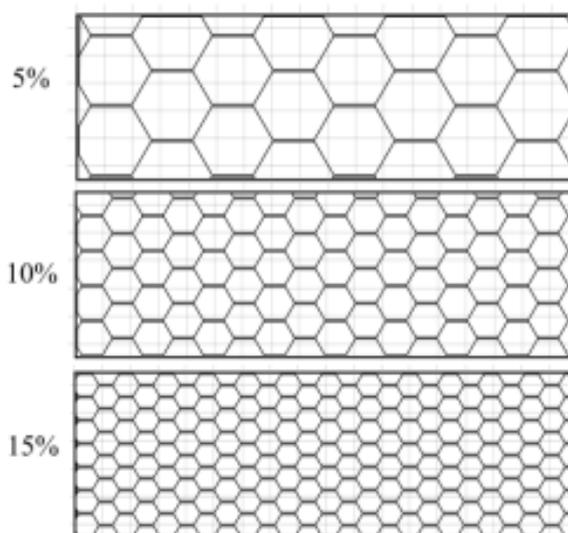


Рисунок 8 – Отрисовка трех типов используемых процентов шестиугольного заполнения.

Список литературы

1. Стефенс, Б., Азими, П., Эль-ОРЧ, З., Рамос, Т. Выплавка тонких частиц на настольных 3D-принтерах, атмосферные Окружающая Среда, Том 79, Ноябрь 2013 Г., Страницы 334-339
2. Часто задаваемые вопросы Makerbot. w.makerbot.com/faq/
3. И. Ф. Родригес, Томас Джей-Пи, Ренар Йе. Конструкция компонентов ABS для жесткости и прочности. Журнал of Mechanical Design 2003, Vol 125(3): страницы 545-551
4. Bellehumeur с, ГУ П. композиционного моделирования и анализ для изготовления прототипов FDM с локально свойство элемента управления. Журнал производственных процессов 2002, Том 4 (2), Страницы 129-141
5. Ан Ш, Монтеро м, Оделл Д, Раунди с, Райт ПК. Анизотропные свойства материалов при моделировании плавленого напыления БРЮШНОЙ ПРЕСС. Журнал Быстрого Прототипирования 2002 Том 8(4), Страницы 248-257

6. Беллини а, Гючери с. Механическая характеристика деталей производство, используя моделирование методом наплавления. быстрое макетирование Журнал 2003 Том 9(4), Страницы 252-264

7. Родригес Дж. Ф., Томас Дж. П., Рено Дж. Механическое поведение павленного осаждения материалы. Экспериментальное исследование. быстрое макетирование Журнал 2001, Том 7 (3), Страницы 148-158.

8. Охдар РК, Махапатра СС. Параметрическая оценка о механических свойствах моделирования павленного осаждения обработанные детали. Material Design, 2010, Vol 31(1), P 287-295.

Применение имитационного моделирования для анализа эффективности бизнес-процессов медицинской организации

А.Г. Комаричева, группа МАС-19

Аннотация. Представлены методы и результаты анализа эффективности бизнес-процессов медицинской организации. Для организации процесса исследования были проанализированы данные, предоставленные негосударственной медицинской организацией города Липецка, на основе полученных данных была построена имитационная модель бизнес-процесса «Обслуживание пациентов в регистратуре». В результате работы были определены два основных показателя эффективности бизнес-процессов медицинской организации: загруженность операторов регистратуры и среднее время нахождения пациента в регистратуре.

Введение

В данной работе рассматриваются методы анализа эффективности бизнес-процессов медицинской организации, на примере негосударственной медицинской организации.

На сегодняшний день, чтобы предприятие имело конкурентное преимущество на рынке среди других компаний, необходимо определить и проанализировать показатели эффективности имеющихся бизнес-процессов. Для оценки показателей эффективности компания должна использовать как количественные, так и качественные методы. Такой подход позволяет повысить эффективность деятельности предприятия на основе полученных данных.

Бизнес-процесс – это совокупность действий, преобразующих ресурсы, имеющиеся на входе, в продукты или услуги, получаемые на выходе, представляющие определенную ценность для потребителей [2].

Эффективность бизнес-процесса – это признак, характеризующий продуктивность использования финансовых и технических ресурсов при решении задач, поставленных руководством компании. Основной целью коммерческого предприятия является получение прибыли [2].

Оценка эффективности бизнес-процессов проводится с целью определения нерентабельных бизнес-процессов, выявления проблемных мест, путей совершенствования и оптимизации бизнес-процессов, увеличения прибыли и сокращения расходов, повышения эффективности деятельности всей организации, поддержки принятия решений при реструктуризации организации.

Актуальность данной темы обусловлена тем, что управление бизнес-процессами медицинской организации в условиях жесткой конкуренции на рынке медицинских услуг и роста потребительских ожиданий является необходимым, так как эффективность медицины требуется улучшать. Поэтому чтобы оценивать улучшения нужно научиться измерять текущее состояние с целью повысить результативность и эффективность деятельности медицинской организации.

1. Методы анализа бизнес-процессов

Для того чтобы осуществить оптимизацию бизнес-процессов медицинской организации и определить для нее показатели эффективности, необходимо рассмотреть различные методы анализа бизнес-процессов.

В широком понимании анализ процессов представляет собой анализ всей доступной информации по процессам, экспертное мнение, определение и измерение показателей, сравнительный анализ и так далее.

В [2] выделяются несколько методик субъективной оценки процессов. Такие методики были разработаны в трудах родоначальников и последователей методологии реинжиниринга бизнес-процессов: Хаммера и Чампи, Робсона и Уллаха. Для применения качественного анализа процессов могут быть использованы такие методы анализа как: SWOT-анализ, анализ при помощи Бостонской матрицы, ранжирование процессов, анализ проблем процесса и многие другие [1].

Наиболее распространенными методами количественного анализа являются: имитационное моделирование процессов и ABC-анализ процессов. Чаще всего использование данных методов подразумевает высокие издержки,

как финансовые, так и временные, все это приводит к длительной реализации проектов. В связи с этим, применение данных методов в организации, не имеющей четкого регулирования процессов и средств измерения этих показателей, можно считать нецелесообразным и преждевременным [2].

Анализ показателей эффективности – это метод количественного анализа процессов, является одним из самых важных инструментов управления организацией и ее процессами. Данный метод чаще всего применяется для поддержания процессов в регулируемом состоянии. Это позволяет контролировать выполнение нормативных требований и обязательств перед потребителями результатов реализации процессов, для оценки уровня их эффективности и эластичности.

Анализ эффективности бизнес-процессов должен осуществляться на стадии их проектирования, поэтому в процессе описания и определения методов совершенствования бизнес-процессов разрабатываются показатели, по которым осуществляется их оценка. В рамках анализа бизнес-процесса интерес представляют количественные абсолютные и относительные показатели, характеризующие время выполнения процесса, использование технологий, стоимость и качество [2].

2. Показатели эффективности

Главной задачей построения системы показателей эффективности и предсказания получаемых результатов является создание инструментов, которые могли бы позволить определить и измерить степень влияния на показатели качества оказываемых медицинских услуг. Оптимизация процессов работы медицинских учреждений позволяет в требуемый момент времени получить необходимые человеческие, финансовые, материальные, технологические, информационные и другие ресурсы для достижения максимальной эффективности деятельности медицинских учреждений [3].

На сегодняшний день во многих научных работах и практиках менеджмента представлены различные подходы к систематизации и

классификации ключевых показателей. Однако система ключевых показателей, которая ориентирована исключительно на финансовую отчетность, не может быть достаточной основой для принятия оперативных управленческих решений. По этой причине большую популярность приобретает разработка комплексной системы ключевых показателей, которые включали бы в себя как финансовые, так и нефинансовые элементы. Сочетание между собой таких показателей представляет баланс между интересами, как внутренних, так и внешних заинтересованных сторон.

Данная система ключевых показателей эффективности должна быть эластичной и отвечать, прежде всего, тактическим и стратегическим целям и задачам организации, так как это будет способствовать повышению объективности, точности и истинности оценки деятельности медицинской организации. Поэтому в систему ключевых показателей эффективности должны быть включены показатели, рекомендованные к использованию нормативно правовыми актами, отраслевыми положениями, российскими стандартами и регламентами для того, чтобы уровень их верифицируемости соответствовал финансовой и нефинансовой отчетности медицинских организаций [4].

Для того чтобы определить специфические показатели эффективности деятельности медицинской организации, которые будут использоваться для оценки конечного результата оптимизации, необходимо рассмотреть в зависимости от назначения и степени значимости следующие группы измеряемых показателей процесса [2]:

- показатели качества, включающие в себя: критические показатели, устанавливающие соответствие продукции/услуг требованиям безопасности и действующим законодательным актам, измеримые показатели, уровень удовлетворенности и лояльности клиентов;

- показатели продуктивности процесса, которыми являются: экономическая эффективность, показатель производительности, длительность обслуживания и обработки заказа или услуги, степень достижения запланированного результата.

Данные показатели рассчитаны на описание характеристики процесса с учетом его длительности и планируемых издержек на его реализацию. Такие показатели могут быть выражены как в абсолютных, так и относительных величинах.

3. Вычислительный эксперимент

Целью проведения данного вычислительного эксперимента является построение имитационной модели на основе реально существующего бизнес-процесса с помощью полученных данных в ходе прохождения стажировки в негосударственной медицинской организации города Липецка.

Данный эксперимент основан на анализе бизнес-процесса «Обслуживание пациентов в регистратуре» (Рисунок 1). Для анализа нами была использована методика имитационного моделирования, так как данная методика позволяет наиболее наглядно отразить работу изучаемого бизнес-процесса и на основе полученных и проанализированных данных построить улучшенную, оптимизированную модель бизнес-процесса.

Данные для проведения исследования (Таблица 1) были получены из базы данных системы электронной очереди и визуального наблюдения за процессами при прохождении стажировки в негосударственной медицинской организации города Липецка.

Имитационная модель была построена в программе AnyLogic с использованием таких библиотек как: библиотека моделирования процессов, библиотека агент, библиотека презентации для построения и анимации модели.

Таблица 1 –Почасовая динамика очередей

| Время работы | Количество оформленных пациентов | | |
|---------------|----------------------------------|-------------|--------------|
| | Среднее | Минимальное | Максимальное |
| 7:00 - 8:00 | 7 | 2 | 39 |
| 8:00 - 9:00 | 32 | 4 | 25 |
| 9:00 - 10:00 | 43 | 10 | 34 |
| 10:00 - 11:00 | 38 | 13 | 57 |
| 11:00 - 12:00 | 23 | 15 | 47 |
| 12:00 - 13:00 | 27 | 16 | 49 |
| 13:00 - 14:00 | 26 | 17 | 42 |
| 14:00 - 15:00 | 22 | 14 | 38 |
| 15:00 - 16:00 | 22 | 8 | 37 |
| 16:00 - 17:00 | 15 | 3 | 47 |
| 17:00 - 18:00 | 12 | 1 | 57 |
| 18:00 - 19:00 | 6 | 1 | 41 |
| 19:00 - 20:00 | 2 | 1 | 28 |
| 20:00 - 21:00 | 2 | 1 | 13 |
| 21:00 - 22:00 | 0 | 0 | 0 |

Для построения модели нами были использованы такие блоки как: Source, Time Measure Start, Queue, Delay, Service, Time Measure End, Sink.

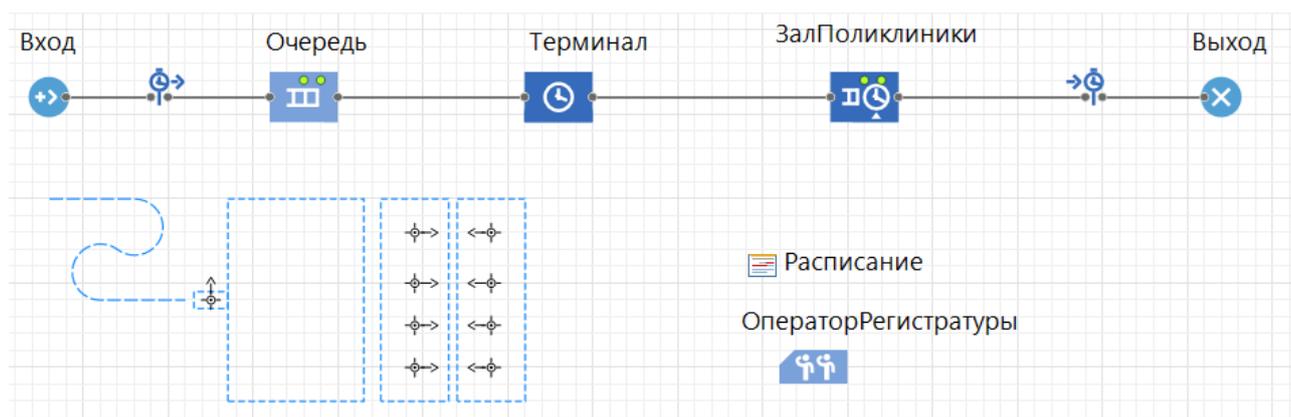


Рисунок 1 – Модель бизнес-процесса «Обслуживание пациентов в регистратуре».

Для данного бизнес процесса мы выделили два показателя эффективности: загруженность операторов регистратуры и среднее время нахождения пациента в регистратуре.

При запуске имитации моделирования модели в час-пик с 7:00 и до 13:00 наблюдается загруженность используемого терминала электронной очереди и операторов регистратуры, загруженность оператора достигает 68%, что больше 50%, а значит, не является нормой (Рисунок 2).

Среднее время нахождения пациента в клинике является еще одним показателем эффективности, который в результате построения модели составил 23.51 минуту. По оценке руководства клиники такое время обслуживания пациента является неприемлемым. Это негативно сказывается на удовлетворении и лояльности клиентов (Рисунок 3).

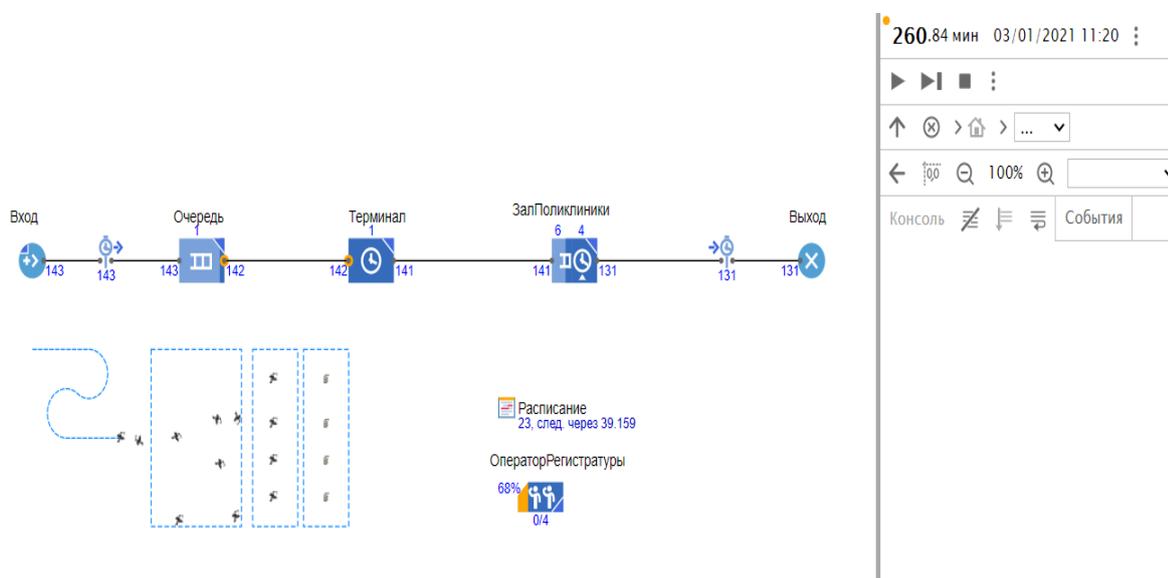


Рисунок 2— Час-пик обслуживания поступающих пациентов

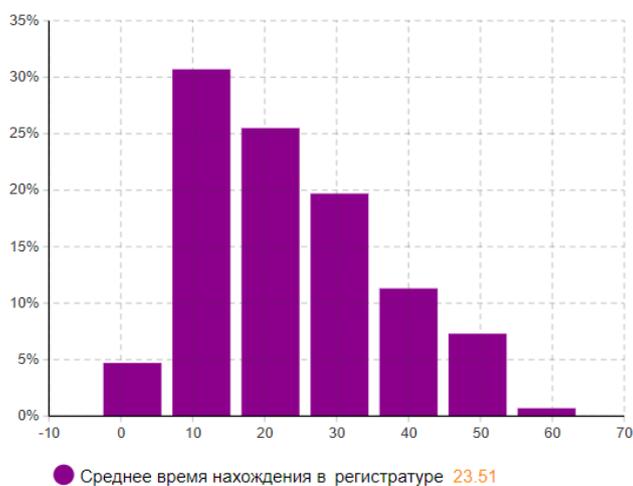


Рисунок 3 – Распределение времени нахождения пациента в регистратуре

Для того чтобы улучшить ситуацию, была произведена оптимизация регистратуры с добавлением дополнительного окна оператора, обслуживающего пациентов приходящих на анализы. Доля таких услуг составляет 15% от общего количества обращений пациентов в регистратуру. Данная мера была нами предпринята из-за большого количества поступлений обращений пациентов приходящих на анализы с 7:00 до 13:00, что совпадает со временем обслуживания большого потока общей очереди (Рисунок 4).

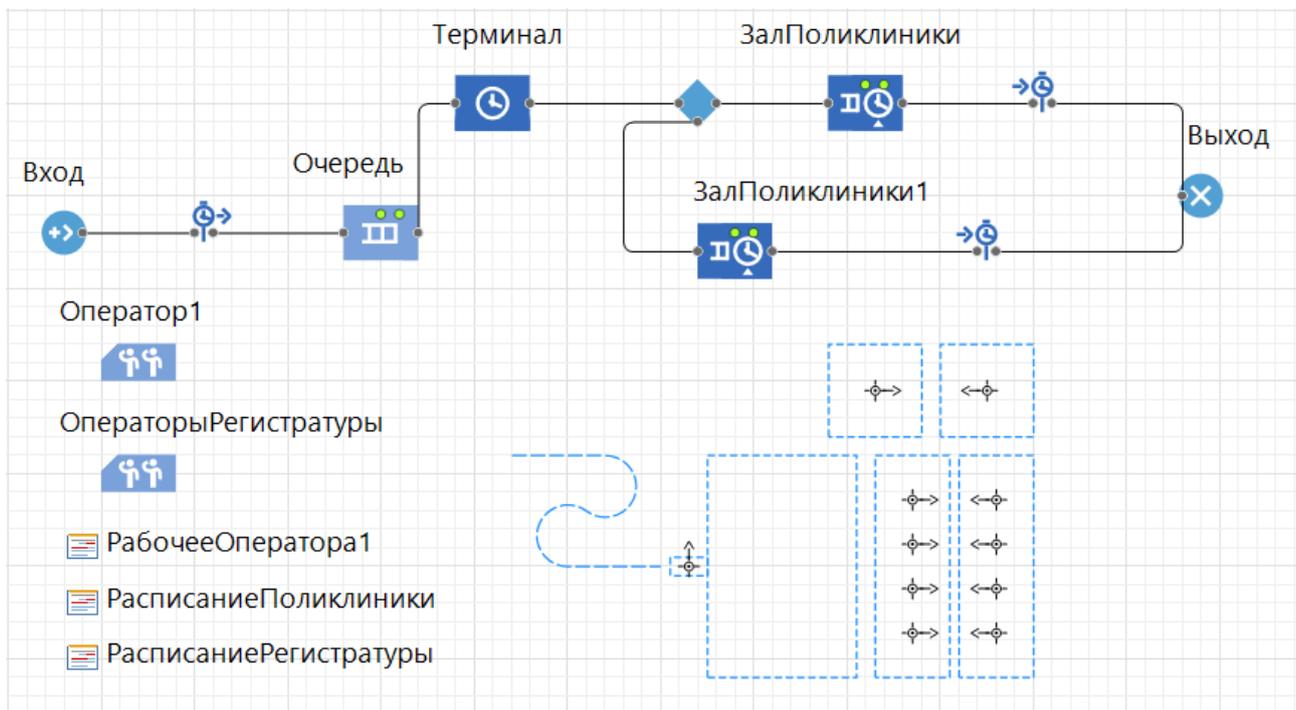


Рисунок 4 – Оптимизированная модель

В новой модели в высокие часы загруженности, операторы справляются с потоком очереди намного лучше, их загруженность составляет 39%, а среднее время нахождения пациента в регистратуре составляет 17,05 (Рисунок 5-6).

Таким образом, можно сказать, что введение дополнительного окна, помогает улучшить скорость обслуживания пациентов в регистратуре, сократить среднее время нахождения в поликлинике, поэтому проведённую оптимизацию можно считать успешной.

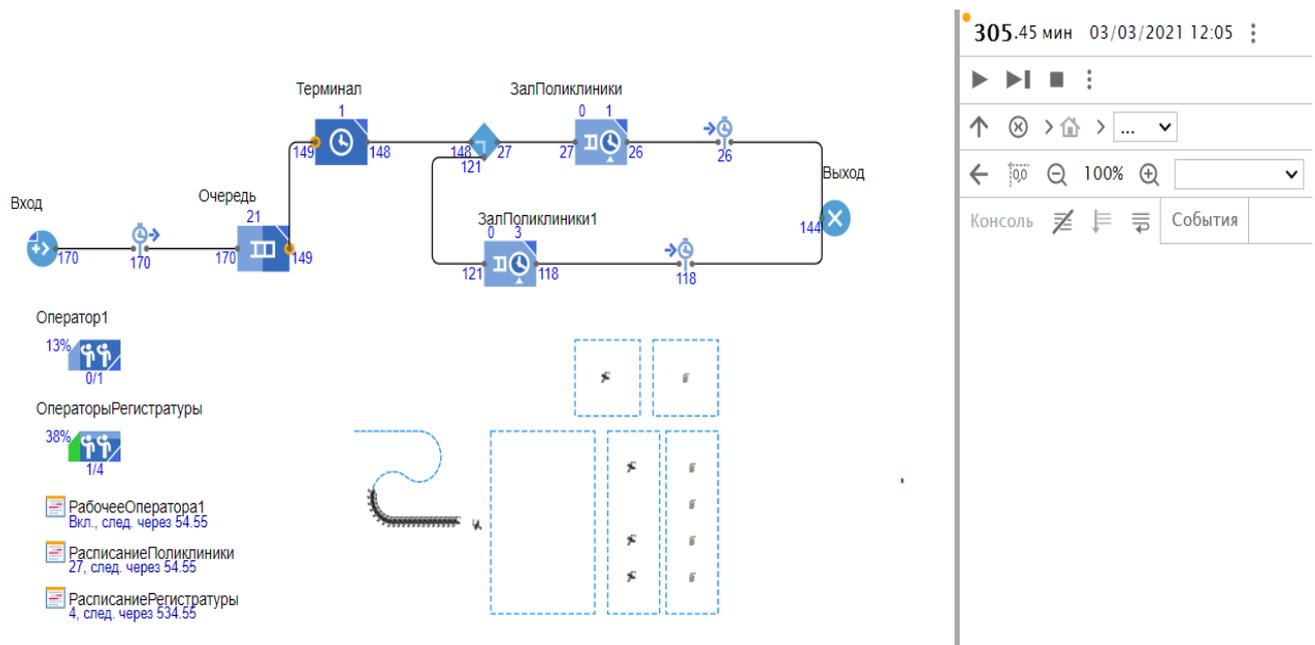


Рисунок 5 – Работа оптимизированной модели

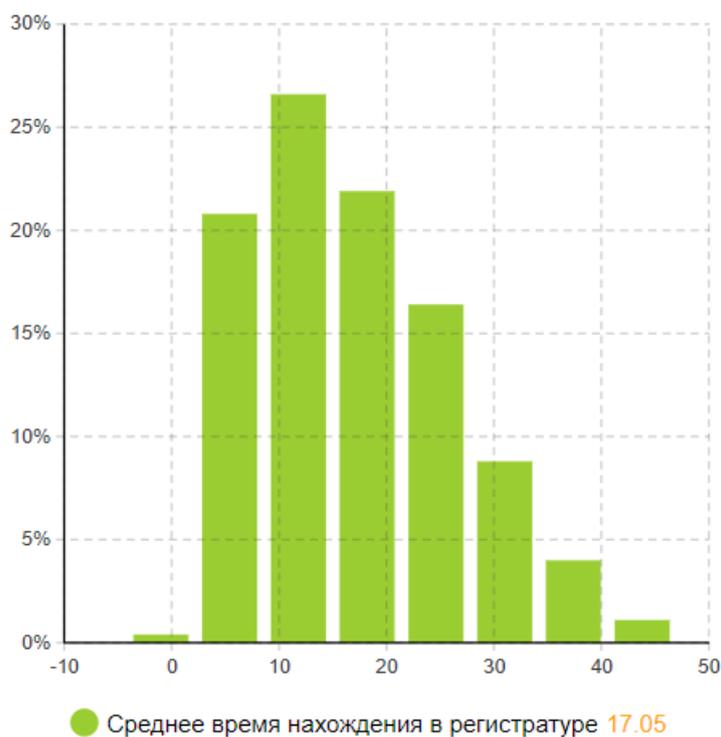


Рисунок 6 – Распределение времени нахождения пациента в регистратуре

Заключение

В ходе проведения научного исследования был использован метод имитационного моделирования для анализа бизнес-процесса «Обслуживание пациентов в регистратуре». Данная методика позволила наглядно отразить

работу изучаемого бизнес-процесса и на основе полученных и проанализированных данных построить улучшенную, оптимизированную модель бизнес-процесса.

В результате были построены: исходная модель и оптимизационная имитационная модель. Также, были определены два основных показателя эффективности бизнес-процессов: загруженность операторов регистратуры и среднее время нахождения пациента в регистратуре.

Список литературы

1. Моделирование бизнес-процессов: учебник и практикум для академического бакалавриата / под ред. О. И. Долганова, Е. В. Виноградова, А. М. Лобанова. М.: Издательство Юрайт, 2016. 289 с.

2. Репин В.В., Елиферов В.Г. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. М.: Манн, Иванов и Фебер, 2013. 544 с.

3. Саитгареева А.А., Бударин С.С., Волкова О.А. Показатели и критерии оценки эффективности деятельности медицинских организаций в федеральных и региональных нормативных правовых актах // Вестник Росздравнадзора. 2015. № 6, С. 12-26. URL: <https://remedium.ru/health/pokazateli-i-kriterii-otsenki-effektivnosti-deyatelnosti-meditsinskikh-organizatsiy-v-federalnykh-i/> (дата обращения: 11.02.2021).

4. Гадаборшев М.И., Цыганкова С.М. Формирование системы ключевых показателей для оценки эффективности и результативности деятельности медицинских организаций // Экономические науки. 2013. № 2. С. 1-6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-sistemy-klyuchevykh-pokazateley-dlya-otsenki-effektivnosti-i-rezultativnosti-deyatelnosti-meditsinskih-organizatsiy/viewer> (дата обращения: 07.02.2021).

Прогноз выходов работников на пенсию в рамках автоматизированной системы определения потребности в персонале на предприятии

В.Г. Кривняк, группа ПИ-17

Аннотация. В работе приведён алгоритм прогнозирования даты выхода работников на пенсию, с учётом необходимых для расчёта льготных случаев выхода на пенсию. Так же учитывается нововведённая пенсионная реформа в РФ 2019 г. Данный алгоритм используется для расчёта в дальнейшем количества пенсионеров которые выйдут на пенсию. Из года в год на всех предприятиях существуют работники которые достигают пенсионного возраста, но по личным причинам не спешат уходить на пенсию. Данный прогноз приведённый в этой работе помогает рассчитать приблизительное количество пенсионеров которые выйдут в определённом году на пенсию. Алгоритм используется в кадре программы по подготовке молодых специалистов и помогает выяснить и спрогнозировать потребность в персонале на ту или иную специальность.

Ключевые слова: списочная численность, условие труда.

Введение

В настоящее время на рынке труда существуют 2 основные проблемы: 1. Молодые специалисты и выпускники учебных заведений с трудом могут найти себе рабочее место согласно специальности на которую они учились. 2. Предприятиям порой необходимы специалисты в конкретной специализированной области, что не всегда совпадает с выпускаемыми специалистами учебных заведений. Именно из-за подобных несовпадений на рынке труда образовывается кризис, молодые специалисты не могут найти работу, потому что местным предприятиям необходимы рабочие кадры в совершенно другой области. Система прогнозирования потребности в персонале позволила бы затачивать учебные заведения именно под потребность местных предприятий, что гарантировало бы выпускникам гарантированное рабочее место, а предприятию гарантированного специалиста.

1. Описание алгоритма расчёта даты выхода на пенсию

Для расчёта возраста выхода работника на пенсию в системе используется списочная численность. Списочная численность является таблицей предоставляющая информацию о работниках, которая используется для расчёта, а именно: Дата рождения, количество детей, пол, дата начала страхового стажа, условия труда.

Условия труда есть описание льготной категории к которому принадлежит работник и которое влияет на дату выхода на пенсию. В данном алгоритме описаны следующие категории:

- Список 1
- Список 2
- Ребёнок инвалид детства
- Север
- Военная выслуга
- Инвалидность 2 гр.
- Инвалидность 3 гр.
- Чернобыль

Помимо этих полей, таблица содержит и другие значения, описывающие работника (идентификационный номер, название цеха, участка, специальности и т.д.). Эти данные необходимы для дальнейшей работы в системе. Условно можно назвать работу алгоритма “От общего”. Это значит что для начала для каждого работника рассчитывается дата выхода на пенсию на общих основаниях (игнорируя условия труда и все льготы работника). Согласно законам РФ и новой пенсионной реформой 2019 г. сотрудники выходят на пенсию на общих основаниях согласно таблицам ниже (Рисунок 1):

| Год рождения (женщины) | Пенсионный возраст, лет | Год рождения (мужчины) | Пенсионный возраст, лет |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| по 1963 | 55 | по 1958 | 60 |
| 1964 | 55,5 | 1959 | 60,5 |
| 1965 | 56,5 | 1960 | 61,5 |
| 1966 | 58 | 1961 | 63 |
| 1967 | 59 | 1962 | 64 |
| с 1968 | 60 | с 1963 | 65 |

Рисунок 1

Согласно этому, для каждого работника, в зависимости от года рождения, мы прибавляем необходимое кол-во лет к дате рождения. Далее, в зависимости от значения поля “Условия труда”, от данной даты мы вычитываем необходимое кол-во лет. Для каждой льготной группы это число разное, в зависимости от законов РФ. Таким образом мы получаем прогнозируемую дату выхода на пенсию.

Условно алгоритм можно расписать следующими пунктами:

1. Рассчитываем дату выхода на пенсию работника, игнорируя его условия труда (на общих основаниях)
2. Анализируем льготную категорию работника. Если она есть, вычитываем необходимое количество лет от рассчитанной даты в Пункте 1, если её нет – рассчитанная дата выхода на пенсию в Пункте 1 и есть реальная дата выхода на пенсию.

Но чтобы спрогнозировать количество работников которые уйдут на пенсию недостаточно рассчитать законную дату выхода на пенсию. Многие работники преклонного возраста продолжают работать даже после достижения пенсионного возраста, а это значит что мы должны учитывать эту статистику чтобы спрогнозировать количество работников который уйдут на пенсию. Также нужно учитывать статистику тех кто выходит на пенсию на 2, 3, 4, 5 и 6 год после достижения пенсионного возраста.

Рассчитав количество пенсионеров которые могут уйти в N-ом году, мы должны вычесть долю работников которые в теории останутся работать, от общего количества, а также сложить кол-во работников которые должны были выйти на пенсию 2, 3, 4, 5 и 6 лет назад.

k – доля работников которые не уходят на пенсию в год достижения пенсионного возраста; k рассчитывается следующим образом:

Для каждого года из предыдущих 7 лет рассчитываем % ушедших на пенсию работников которые должны были уйти в данный год.

Например:

| N \ | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| Должны выйти в N-ом году | 40 | 52 | 20 | 35 | 50 | 14 | 15 | Среднее |
| Из них вышли на пенсию | 30 | 38 | 9 | 24 | 34 | 6 | 4 | |
| % (k) | 75 | 73 | 45 | 68,5 | 68 | 42,8 | 26,6 | |

То есть для конкретного случая, $k = 56,9$.

Далее нужно учитывать статистику тех кто выходит на пенсию на 2,3,4,5 и 6 год после достижения пенсионного возраста.

Допустим:

Z2 - средний % работников которые уходят на пенсию на 2 год.

Z3 – средний % работников которые уходят на пенсию на 3 год.

Z4 – средний % работников которые уходят на пенсию на 4 год.

Z5 - средний % работников которые уходят на пенсию на 5 год.

Z6 – средний % работников которые уходят на пенсию на 6 год.

Теперь для каждого предыдущего года, мы рассчитываем эти цифры.

К примеру, для 2015 мы смотрим сколько работников должны были выйти на пенсию в 2014, но вышли в 2015, и рассчитываем % от тех кто должны были выйти на пенсию в 2014 году.

Такие расчёты мы проводим для каждого года и для каждого Z (Z3.Z4 и т.д.), если это позволяют данные, так как нам доступны данные только 7 летней давности, поэтому рассчитать Z5 для 2015 года попросту невозможно, и вычисляем их средние значения.

В конечном итоге формула прогноза количества работников выходящих на пенсию выглядит таким образом:

$$K_N = X * \frac{k}{100} + \frac{Z2 * Q_{N-1}}{100} + \frac{Z3 * Q_{N-2}}{100} + \frac{Z4 * Q_{N-3}}{100} + \frac{Z5 * Q_{N-4}}{100} + \frac{Z6 * Q_{N-5}}{100}$$

Где:

K – прогнозируемое гол-во работников которые уйдут на пенсию в N-ом году

N – выбранный год для прогноза

X – кол-во работников которые достигают пенсионный возраст в N- ом году

k - доля работников которые не уходят на пенсию в год достижения пенсионного возраста

Z2 - средний % работников которые уходят на пенсию на 2 год.

Z3 – средний % работников которые уходят на пенсию на 3 год.

Z4 – средний % работников которые уходят на пенсию на 4 год.

Z5 - средний % работников которые уходят на пенсию на 5 год.

Z6 – средний % работников которые уходят на пенсию на 6 год.

Q – кол-во работников которые должны были выйти на пенсию в год указанный в индексе

Таким образом мы имеем в итоге рассчитанное количество пенсионеров которые уйдут на пенсию в конкретном году.

Стоит отметить что данная система является частью программы по подготовке специалистов в высших и средних учебных заведениях, поэтому для

дальнейшей работы учитываем только тех работников, которые выйдут на пенсию в следующие 7 лет (максимальное время для подготовки специалиста по той или иной специальности).

Список литературы

1. К.А. Ustinova and A.N. Gordievskaya, "Personnel for modernization of regional economy: the opinion of employers", [*In Russian: Kadry dlya modernizatsii ekonomiki regiona: vzglyad rabotodateley*] *Problems of territory's development*, vol. 6, no. 80, pp. 157-170, 2015.
2. V.I. Blinov, I.S. Sergeev, E.Yu. Esenina, L.N. Kurteeva and S.A. Os-adcheva, "Management of regional training system", [*In Russian: Up-ravleniye regional'nyimi sistemami podgotovki kadrov*] *The Education and Science Journal*, vol. 21, no. 3, pp. 50-76, 2019.
3. Российская Федерация. Законы. Федеральный закон от 27.11.2017 N 329-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О бюджете Пенсионного фонда Российской Федерации на 2017 год и на плановый период 2018 и 2019 годов».
4. Андруник А.П., Суглобов А.Е., Руденко М.Н. Кадровая безопасность. инновационные технологии управления персоналом. Учебное пособие. 2-е изд. — М.: Дашков и Ко. 2020. 508 с.
5. Кибанов А. Я., Ивановская Л. В. Кадровая политика и стратегия управления персоналом. Учебно-практическое пособие. — М.: Проспект. 2020. 64 с.

Анализ методов прогнозирования хода выполнения строительного-монтажных работ при выполнении капитального ремонта домов

А.Г. Лапинова, группа МАС-19

Обработка информации с использованием автоматизации бизнес-процессов играет значительную роль в современном мире и жизни многих людей. Не являются исключением и процессы, протекающие внутри Фонда капитального ремонта Липецкой области, занимающийся контролем строительного-монтажных работ на многоквартирных домах. Благодаря присутствию механизмов, которые могут формировать правдоподобные умозаключения с помощью современных технологий, лица, принимающие решения (далее – ЛПР), способны совершать более оперативные и адекватные воздействия, например, на подрядные организации, занимающиеся выполнением строительного-монтажных работ. Своевременность выполнения таких работ наиболее важная задача, которую контролирует Фонд. Возникают ситуации, когда подрядчики не выполняют свои обязательства, из-за чего срываются сроки, которые, в свою очередь, могут принести дискомфорт жителям. Хотя и существует строительный контроль, не всегда возможно среагировать на нарушения оперативно.

Существуют различные факторы, которые могут повлиять на ход выполнения работ, к ним могут относиться время года, сумма контракта, сроки выполнения, вид работ, который выполняется, и другие. Без составления математической модели ЛПР достаточно сложно учесть каждый фактор, который необходимо применить относительно текущей ситуации.

Основное внимание в данной работе сосредоточено на прецедентном подходе (Case-Based Reasoning, CBR), который нашел свое применение для решения целого ряда задач, например, в области искусственного интеллекта для моделирования человеческих рассуждений [1]. Применение данного метода рассматривается для модуля мониторинга хода выполнения работ, где частью функционала будет являться прогнозирование динамики капитального ремонта,

а также описывается вариант представления прецедентов и методы их получения из базы прецедентов информационно-аналитической системы ФКР.

Накопление опыта и последующая адаптация уже известной задачи к решению новой являются основой для методов CBR [2]. Упрощение процесса принятия решений с использованием прецедентного подхода возможен в условиях ограничения времени и при наличии неопределенности в исходных данных, которые могут быть связаны с недостаточным уровнем знаний экспертов. Базируется данный метод на понятии прецедента, определяемого как случай, имевший место в прошлом и который на текущий момент служит примером для ситуаций аналогичного типа. Рассуждение на основе прецедентов является направлением, позволяющим использовать или адаптировать опыт уже известной задачи для решения новой, неизвестной проблеме.

Прежде чем применять рассматриваемый метод необходимо убедиться, что применение возможно и соблюдаются следующие условия, касающиеся предметной области:

- Ситуации-аналоги должны быть разрешимы схожими методами решения (основа принципа регулярности). В данной ситуации накопленный опыт является отправной точкой для решения аналогичных ситуаций;
- новые ситуации, которые требуют решения, имеют место повторению, что дает гарантию, что аналогичный опыт будет найден в будущем.

Представление прецедента можно описать с помощью таких понятий, как описание ситуации; решение, применимое для данной ситуации; результат, который может быть получен, используя найденное решение: $CASE = (Situation, Solution, Result)$, где $Result$ – результат применения решения; $Solution$ – решение; $Situation$ – опыт, описывающий данный прецедент. В работе используется параметрический подход в виде набора признаков с конкретными значениями: $CASE = (x_1, x_2, \dots, x_n, R)$, где x_1, x_2, \dots, x_n – параметры ситуации, описывающие

конкретный прецедент, R – решение, n – количество параметров [3]. В работе применяется следующее представление, которое отражено в таблице 1.

Таблица 1 – Представление прецедентов

| № | ВР | Этажность | Подъезды | Тип крыши | ПО | Месяц начала работ | Сумма по договору | Недели | 1 | ... | k |
|-----|----|-----------|----------|--------------|----|--------------------------|----------------------|--------|---|-----|---|
| 1 | | | | | | | | | | | |
| ... | | | | | | | | | | | |
| n | | | | | | | | | | | |

где ВР – выполненный вид работ, ПО – подрядная организация, которая выполняла работы, 1...k – динамика выполнения работ (в процентах), где k – является константной величиной, установленной во время эксперимента, n – количество накопленных прецедентов.

Существует огромное количество методов для отбора прецедентов и модификация этих способов. Примером могут послужить метод ближайшего соседа, метод извлечения с учетом применимости прецедента, метод извлечения на основе теории структурного отображения, метод, основанный на применении деревьев решений, извлечение прецедентов с помощью нейросетевых моделей и другие.

Определение степени сходства прецедентов, представленных в базе, является важнейшим этапом, в работе предлагается использовать методов ближайшего соседа. Данный способ можно назвать одним из популярных при решении задач подобного рода. С помощью выбранного метода осуществляется вычисление, основанное на степени сходства текущей ситуации и набора прецедентов из библиотеки.

Основу метода составляет определение способа измерения степени сходства прецедента с остальными случаями в базе. Другими словами, необходимо ввести метрику, которая будет описывать прецеденты на пространстве параметров, а именно на основе признаков и свойств объекта. После того как это будет определено, необходимо вычислить расстояние между

точками, соответствующими прецедентам и точкой, которая соответствует текущей проблемной ситуации. Итогом таких вычислений будет являться ближайшая точка (прецедент) к текущей ситуации. Можно заметить, что во многом эффективность метода ближайшего соседа зависит от выбранной метрики. Наиболее популярными метриками определения расстояния между двумя точками являются: Евклидово расстояние, расстояние Чебышева, Манхэттенская метрика, мера сходства по Хэммингу, расстояние Журавлева и другие [4].

Евклидово расстояние считается наиболее распространенным методом и является понятной и интерпретируемой мерой различия или близости объектов, представленных векторами признаков в многомерном пространстве, отражая интуитивные свойства расстояния между точками. Для решения задач классификации в качестве меры близости используется данная метрика. Определение однородности объектов является наименее формализованным и наиболее трудным понятием в задачах о классификации. Общий случай предполагает, что однородность задается с помощью ввода правила вычисления расстояний $\rho(x_i, x_j)$ между парой исследуемых объектов (x_1, x_2, \dots, x_n) , либо некоторой функцией $r(x_i, x_j)$, характеризующей степень близости i -го и j -го объектов. При заданной функции вычисления расстояния $\rho(x_i, x_j)$ близкие по данной метрике объекты могут считаться однородными. Обычно Евклидово расстояние определяется по следующей формуле:

$$\rho(y_i, x_j) = \sqrt{\sum_{l=1}^k (y_{il} - x_{jl})^2},$$

где y_{il}, x_{jl} – значения l -го признака у i -го, j (j -го) объекта, $l = 1, \dots, k$, k – количество признаков объекта, $i, j = 1, \dots, n$, n – количество объектов сравнения.

Данная метрика используется в определенных случаях:

- наблюдения выбираются из генеральной совокупности, когда исходные параметры объектов взаимно независимы и имеют одну и ту же дисперсию;

- исходные признаки однородны по физическому смыслу и для классификации необходимы с одинаковой степенью важности.

Признаки могут быть представлены в разных единицах измерения, в таких случаях необходимо применять нормирование. Данная операция не всегда адекватно коорректирует значения. Это является причиной применения «взвешенного» Евклидова расстояния, которое определяется по формуле [5]:

$$\rho(y_i, x_j) = \sqrt{\sum_{l=1}^k \omega_l (y_{il} - x_{jl})^2},$$

где y_{il}, x_{jl} – значения l-го признака у i-го(j-го) объекта.

Для определения весов могут понадобиться дополнительные исследования, например, может потребоваться опрос экспертов и последующая обработка их мнений.

Поиск прецедентов в работе осуществляется по второй формуле, а в качестве весов ω_l применялась величина обратно пропорциональная квадрату размаха вариации. Размах вариации в данном случае высчитывается как разность между максимальным и минимальным значениями признака:

$$\omega_l = 1/R^2 = \frac{1}{(x_{lmax} - x_{lmin})^2},$$

где R – размах вариации, x_{lmax} – максимальное значение l-го признака, x_{lmin} – минимальное значение l-го признака.

«Взвешенное» Евклидово расстояние обеспечивает наиболее быстрый поиск предложенных решений.

Параметрическое представление прецедентов было расширено элементами продукционной модели представления знаний [6]. Логический вывод прецедентов был организован с использованием системы правил типа «Если (условие), то (действие)». Подбор схожего прецедента из базы осуществляется с применением Евклидовой метрики. Проверка осуществляется с помощью условия соответствия вида работ, типа крыши, подрядной организации, а при вычислении расстояния используются следующие

параметры: этажность, подъезды, месяц начала работ, сумма по договору, количество недель.

Для обеспечения взаимодействия с ЛПП предусмотрен интерфейс пользователя. Заполнение базы прецедентов происходит благодаря еженедельным отчетам подрядных организаций, пример которого представлен на рисунке 1, а на рисунке 2 отражены недели, за которые подрядчик обязан внести необходимую информацию.

| | |
|--|---|
| Отчеты о ходе выполнения работ за 6 неделю (РТС248A200035) Отправлено | |
| Подрядчик | ООО "ДАРИУС" |
| Договор | РТС248A200035(Д) |
| ВР | |
| Крыша | Монтажные работы. Смена мауэрлата, стропил ,подкосов , ремонт кирпичной кладки вентшахт Устройство пароизоляции, разжелобки карнизов. |
| Выполнено, % | 28.00 |
| Наименование | Неделя № 6 |
| Внесение изменений в ПСД (краткое содержание) | На период 02 ноября-11 февраля 2021 года нет изменений в ПСД |
| СМР (что выполняется, в каких помещениях, местах, объем выполненных работ) | |
| Факт недопуска (№ квартиры, краткое описание ситуации, прогноз развития) | Факт недопуска отсутствует. |
| Закупка и поставка материалов | Полностью выполнена закупка материала на ремонт крыши, согласно ПСД. |
| Персонал на объекте (количество, специальность) | Мастер СМР: 1 человек Ремонт крыши: подсобные рабочие 6 человек |
| Машины и механизмы (количество, марка) | Автокран |
| Представитель | Кошеваров Р.А. приказ №19 от 21.07.20 |
| Должность представителя | Ген. директор |

Рисунок 1 – Содержание еженедельного отчета

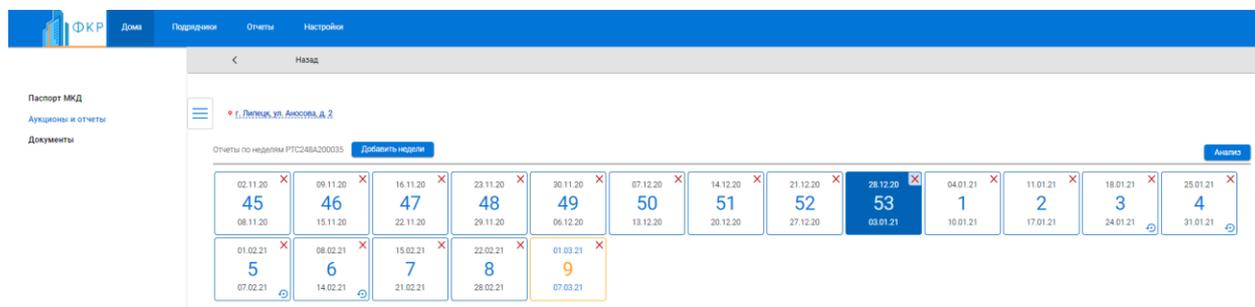


Рисунок 2 – Недели еженедельного отчета

При анализе (прогнозировании) хода выполнения работ пользователь видит информацию, представленную на рисунке 3. Результатом эксперимента является прецедент, подходящий по параметрам, который и будет являться возможной динамикой работ в текущей ситуации. Таким образом можно будет подметить отклонение от реальной картины и прогнозируемой, и на основе этой информации принять решение по урегулированию проблемы, потому что такой подход прогнозирования может являться основным звеном стратегического управления в организации.

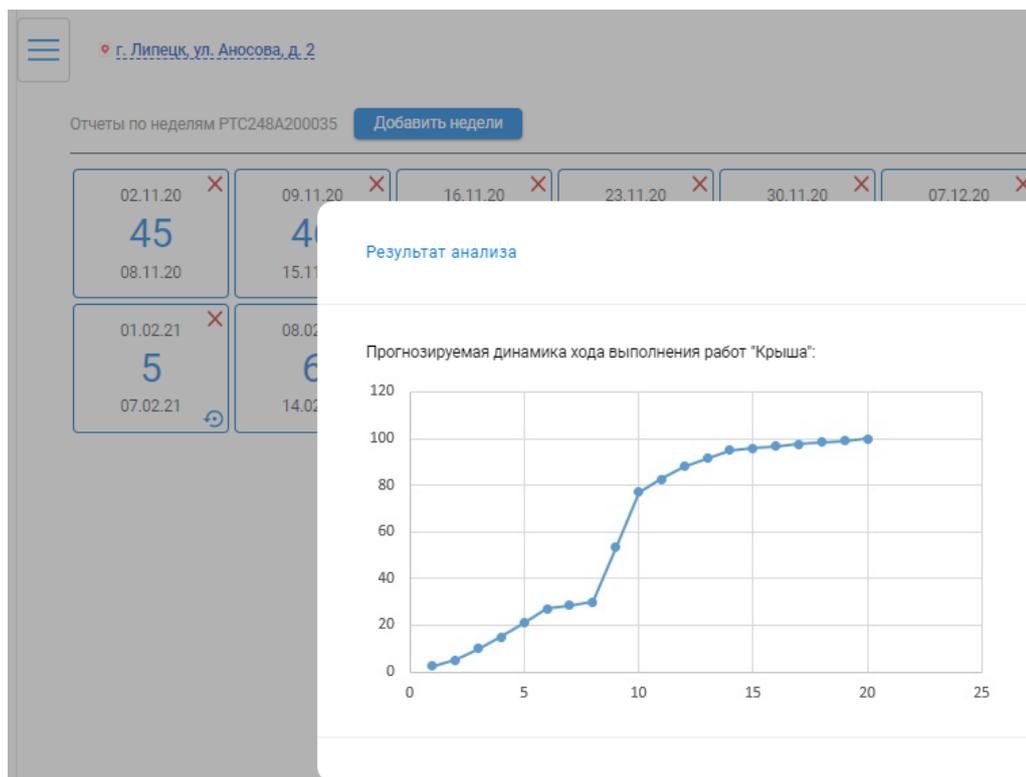


Рисунок 3 – Результат анализа текущей ситуации

Результаты, которые были получены в ряде экспериментов и изображены на рисунках 4-6, доказывают свою применимость, так как по ним можно сделать следующие выводы:

- первая ситуация показывает, что подрядчик добросовестно выполняет работы, так как текущее состояние достаточно близко к прогнозу;
- вторая ситуация отображает отклонение от прогноза в худшую сторону, что может послужить сигналом для кураторов к выезду на контролируемый объект, где проходят работы;
- третий прогноз можно назвать позитивным, так как на графике заметно, что подрядчик выполняет работы лучше, чем было спрогнозировано системой.

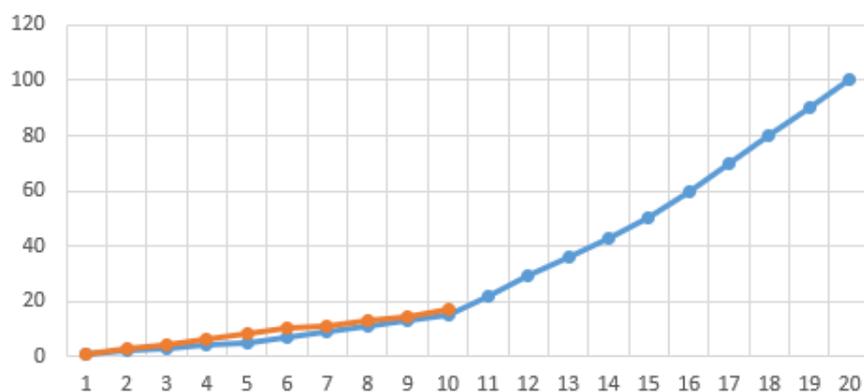


Рисунок 4 – Прогноз № 1

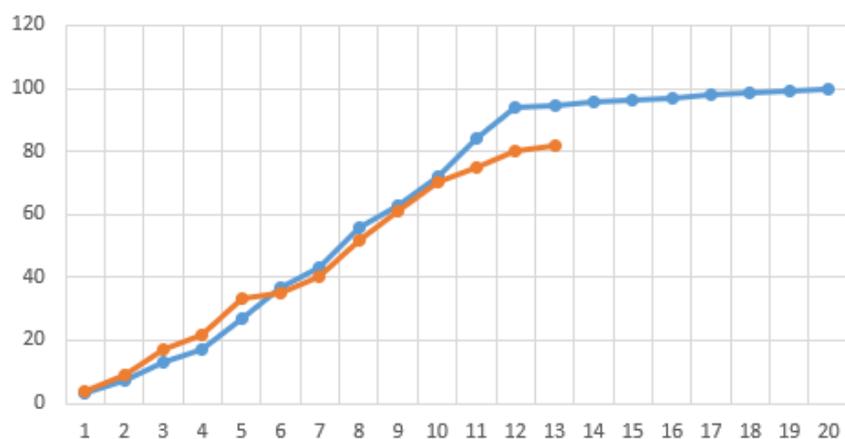


Рисунок 5 – Прогноз № 2

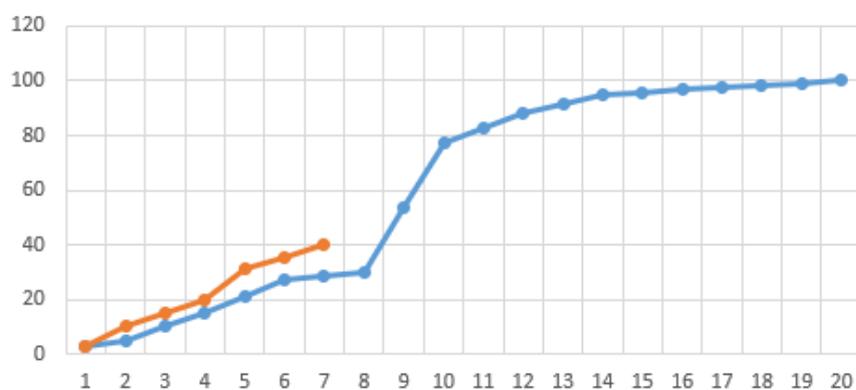


Рисунок 6 – Прогноз № 3

Применение прецедентного подхода в процессе принятия решений допускает использование накопленного опыта для решения схожих проблем. Предложенный способ рассуждений на основе прецедентов позволяет наиболее эффективно производить подбор прогнозируемой динамики выполнения работ и формировать возможные варианты ситуаций по прецедентам, близким по параметрам.

Список литературы

1. Варшавский П.Р., Еремеев А.П. Методы правдоподобных рассуждений на основе аналогий и прецедентов для интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Новости искусственного интеллекта. – 2006. – №3. – с. 39-62.
2. Варшавский П.Р. Механизмы правдоподобных рассуждений на основе прецедентов (накопленного опыта) для систем экспертной диагностики// Труды 11-й национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием (Дубна, 28 сентября – 3 октября 2008 г.). – 2008. – №2. – с. 106-113.
3. Ashley K. D. Modeling Legal Argument: Reasoning with Cases and Hypotheticals. // M.I.T. Press. – 1990. – p. 57-72.
4. Беляков С.Л., Гордиенко Л.В. Прецедентный анализ логистических операций в геоинформационных системах // Программные продукты и системы. – 2008. – №4. – с. 114-117.
5. Aamodt A., Plaza E. Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches. Artificial Intelligence Communications. IOS Press. – 1994. – № 1. – p. 39–59.
6. Алехин Р.В., Варшавский П.Р. Реализация прецедентного модуля для интеллектуальной системы поддержки принятия решений // XIV национ. конф. по искусственному интеллекту с междунар. Участием. – 2014. – Т. 2. – с. 50-13.

Разработка автоматизированной системы построения оптимальных маршрутов городского общественного транспорта на основе данных геолокации

А.И. Хрипченко, группа ПИ-17

Аннотация. Рассмотрен подход к построению маршрутной сети общественного транспорта и составления расписания. Проведён анализ различных методов построения маршрутной сети и составления расписания на основе сбора статистических данных. Определён наиболее подходящий метод.

Ключевые слова: издержки, статистические данные, математическая модель, логистический алгоритм, автоматизация, граф.

Сейчас автоматизация распространяется всё шире и шире. И в частности будет затрагивать такую область как составление маршрутов общественного транспорта. В настоящее время в основном маршруты общественного транспорта составляются вручную, то есть на основании отзывов водителей о заполняемости автобусов, обращений от горожан и даже каких-либо личных предубеждений. И лишь небольшая их часть, в основном в мегаполисах, формируется на основе статистических данных о передвижении людей.

Сложность состоит в сборе статистических данных о передвижения людей. Эта одна из причин почему сейчас до сих пор составляют расписание и маршруты общественного транспорта вручную. Ещё одна проблема состоит в том, что расписание вынуждены составлять под график работы водителей, под законодательные нормы работы и отдыха и т.п. Это очень сложно сделать вручную и при этом минимизировать издержки, ведь в основном на одном маршруте работают закреплённые за этим маршрутом водители [1]. При таком подходе проще составлять расписание, но из-за этого увеличиваются издержки на содержание автобуса за счёт его простоя. Но если не закреплять водителя за определённым маршрутом, то появится возможность составить расписание с минимальным простоем автобусов, а следовательно, и минимальными издержками.

Первый способ достаточно тривиальный. На основе данных о местах скопления пробок, делаем выводы как движется основной пассажиропоток. Плюсы данного метода: экономичность, данные о постоянных пробках можно собирать даже из местных СМИ. Минусы: нестабильность, которая обуславливается второстепенными факторами образования заторов; неточность, мы не можем таким образом определить откуда начинают сливаться массы в основной пассажиропоток.

Второй также не отличается точностью. Это непосредственная работа с пассажирами. Проведение опроса на остановках и в общественных местах. Проезд специалистов на маршрутах с целью сбора точного количества пассажиров. Также сбор и анализ предложений от населения. После сбора статистических данных можно будет частично изменить расписание и внести корректировки в траектории маршрутов [2]. Плюсы: точность по сравнению с первым методом, позволяет более тонко настроить параметры маршрута. Минусы: мы всё ещё имеем недостаточную точность из-за неполной информации о движении пассажиров; затратность, приходится нанимать слишком много людей, чтобы получить хорошие статистические данные.

Третий метод основан на построении математической модели [3]. Данный метод дешевле второго, за счёт уменьшения количества нанимаемых людей. Плюсы: выгоднее по сравнению с двумя вышеизложенными методами. Минусы: требует большое количество корректных данных; точность, так как это модель она не может полностью смоделировать весь пассажиропоток.

Это были аналогичные методы на основе сбора статистических данных, но самым лучшим подходом составления маршрутной сети предполагается метод на основе геолокационных данных телефонов. Сейчас у большинства (как минимум 99%) людей есть мобильный телефон и выходя из дома, они берут его с собой. Следовательно, мы можем построить траекторию их маршрута исходя из данных мобильной сети. Также можем ввести дополнительные параметры, такие как точки притяжения, социально значимые объекты и т.д. После эти

данные передаются математическому и логистическому алгоритмам. На выходе мы получаем готовые маршруты с уже составленным расписанием.

Дополнительно для увеличения точности настройки расписания можно отслеживать количество людей на остановках в режиме реального времени. Это можно сделать при помощи двух способов. Первый способ предполагает устанавливать на каждой остановке приёмник телефонного сигнала. Принцип действия довольно простой: подсчитываем количество источников мобильного сигнала и отправляем данные на сервер. Второй способ, также, предполагает установку камер видеонаблюдения на каждой остановке, для распознавания лиц. В данном способе аналогичный принцип: подсчитываем количество людей и отправляем данные на сервер. После, корректируем расписание на основе собранных статистических данных, о накоплении людей на каждой остановке.

Информация о заполненности автобусов в реальном времени также будет способствовать увеличению точности статистических данных. Данный метод возможно реализовать при помощи уже упомянутой технологии распознавания лиц с камер видеонаблюдения, установленных в салоне автобуса. Данный метод особенно себя оправдывает в случае отсутствия безналичных методов оплаты.

Также дополнительно можно отслеживать перемещение людей при помощи бесконтактных методов оплаты, таких как транспортная карта, банковская карта и мобильный телефон с технологией NFC [4]. После внедрения бесконтактной оплаты, можно будет более точно отследить маршруты движения каждого пассажира. Но мы не получим точной картины, если не будем отслеживать на какой остановке выходит пассажир. Чтобы простимулировать пассажира к повторному приложению, например, транспортной карты к терминалу оплаты возможно использовать следующие два метода. Первый метод предполагает введение дифференцированной системы оплаты проезда, то есть чем дальше ты едешь, тем больше платишь. У этого метода есть большой минус, он не учитывает человеческий фактор, то есть человек может войти и после первого приложения средства оплаты к первому терминалу, может сразу приложить ко второму и продолжить свою поездку. В результате мы получаем

не верные статистические данные и плюс недополученную прибыль. Вторым методом основан на введении системы пересадок. То есть после приложения средства оплаты ко второму терминалу пассажиру даётся, например, 30 минут чтобы пересесть на другой маршрут общественного транспорта. Человеческий фактор исчезает, так как нет смысла раньше прикладывать карту к терминалу. Прибыль не упадёт, так как при таком методе оплаты привлекательность общественного транспорта повысится и, следовательно, возрастет пассажиропоток (в случае, когда перевозчик получает деньги за обслуживание маршрута, независимо от количества перевезённых пассажиров).

Осуществление данного подхода позволит добиться минимизации издержек, как при составлении, так и при эксплуатации маршрутной сети. Также позволит ускорить процесс составления маршрутов и расписаний. Уменьшить издержки на персонал, так как процесс автоматизирован и можно будет сократить лишних работников и оставить минимум, только для корректировки маршрутной сети.

Так как границы задачи уже очерчены, можно подумать над нюансами реализации. Из описания выше становится понятно, что нам не обойтись без модели представления дорог и остановок в виде связного ориентированного графа, где дороги — рёбра, а остановки — вершины. Следовательно, нам нужен алгоритм нахождения кратчайшего пути в графе. Необходим он будет для поиска оптимального пути между двумя остановками, а оптимальным будет только кратчайший маршрут (или множество кратчайших маршрутов, если они идентичны или незначительно длиннее). Сейчас наиболее популярны четыре алгоритма. Давайте разберём их и определим какой подойдёт лучше для нашей задачи.

Первым разберём алгоритм Флойда-Уоршелла. Это алгоритм находит расстояние от каждой вершины до каждой за количество операций порядка n^3 . Веса могут быть отрицательными, но у нас не может быть циклов с отрицательной суммой весов рёбер (иначе мы можем ходить по нему сколько душе угодно и каждый раз уменьшать сумму, так не интересно). В массиве

$d[0\dots n-1][0\dots n-1]$ на i -ой итерации будем хранить ответ на исходную задачу с ограничением на то, что в качестве «пересадочных» в пути мы будем использовать вершины с номером строго меньше $i-1$ (вершины нумеруем с нуля). Пусть идёт i -ая итерация, и мы хотим обновить массив до $i+1$ -ой. Для этого для каждой пары вершин просто попытаемся взять в качестве пересадочной $i-1$ -ую вершину, и если это улучшает ответ, то так и оставим. Всего сделаем $n+1$ итерацию, после её завершения в качестве «пересадочных» мы сможем использовать любую, и массив d будет являться ответом. В итоге n итераций по n итераций по n итераций, итого порядка n^3 операций.

Вторым рассмотрим алгоритм Форда-Беллмана. Он находит расстояние от одной вершины (дадим ей номер 0) до всех остальных за количество операций порядка $n \cdot m$. Аналогично предыдущему алгоритму, веса могут быть отрицательными, но у нас не может быть циклов с отрицательной суммой весов рёбер. Заведём массив $d[0\dots n-1]$, в котором на i -ой итерации будем хранить ответ на исходную задачу с ограничением на то, что в путь должно входить строго меньше i рёбер. Если таких путей до вершины j нет, то $d[j] = 2000000000$ (это должна быть какая-то недостижимая константа, «бесконечность»). В самом начале d заполнен 2000000000. Чтобы обновлять на i -ой итерации массив, надо просто пройти по каждому ребру и попробовать улучшить расстояние до вершин, которые оно соединяет. Кратчайшие пути не содержат циклов, так как все циклы неотрицательны, и мы можем убрать цикл из пути, при этом длина пути не ухудшится (хочется также отметить, что именно так можно найти отрицательные циклы в графе: надо сделать ещё одну итерацию и посмотреть, не улучшилось ли расстояние до какой-нибудь вершины). Поэтому длина кратчайшего пути не больше $n-1$, значит, после n -ой итерации d будет ответом на задачу. В результате n итераций по m итераций, итого порядка $n \cdot m$ операций.

Третьим будет алгоритм Дейкстры. Алгоритм находит расстояние от одной вершины (дадим ей номер 0) до всех остальных за количество операций порядка n^2 . Все веса неотрицательны. На каждой итерации какие-то вершины будут помечены, а какие-то нет. Заведём два массива: $mark[0\dots n-1]$ — True, если

вершина помечена, False иначе, $d[0\dots n-1]$ — для каждой вершины будет храниться длина кратчайшего пути, проходящего только по помеченным вершинам в качестве «пересадочных». Также поддерживается инвариант того, что для помеченных вершин длина, указанная в d , и есть ответ. Сначала помечена только вершина 0, а $g[i]$ равно x , если 0 и i соединяет ребро весом x , равно 2000000000, если их не соединяет ребро, и равно 0, если $i=0$. На каждой итерации мы находим вершину, с наименьшим значением в d среди непомеченных, пусть это вершина v . Тогда значение $d[v]$ является ответом для v . Докажем. Пусть, кратчайший путь до v из 0 проходит не только по помеченным вершинам в качестве «пересадочных», и при этом он короче $d[v]$. Возьмём первую встретившуюся непомеченную вершину на этом пути, назовём её u . Длина пройденной части пути (от 0 до u) — $d[u]$. $len \geq d[u]$, где len — длина кратчайшего пути из 0 до v (т. к. отрицательных рёбер нет), но по нашему предположению len меньше $d[v]$. Значит, $d[v] > len \geq d[u]$. Но тогда v не подходит под своё описание — у неё не наименьшее значение $d[v]$ среди непомеченных. Противоречие. Теперь смело помечаем вершину v и пересчитываем d . Так делаем, пока все вершины не станут помеченными, и d не станет ответом на задачу. В результате получаем n итераций по n итераций (на поиск вершины v), итого порядка n^2 операций.

Четвёртым рассмотрим алгоритм Дейкстры для разреженных графов. Делает то же самое, что и алгоритм Дейкстры, но за количество операций порядка $m \cdot \log(n)$. Следует заметить, что m может быть порядка n^2 , то есть эта вариация алгоритма Дейкстры не всегда быстрее классической, а только при маленьких m . Что нам нужно в алгоритме Дейкстры? Нам нужно уметь находить по значению d минимальную вершину и уметь обновлять значение d в какой-то вершине. В классической реализации мы пользуемся простым массивом, находить минимальную по d вершину мы можем за порядка n операций, а обновлять — за 1 операцию. Воспользуемся двоичной кучей (во многих объектно-ориентированных языках она встроена). Куча поддерживает операции: добавить в кучу элемент (за порядка $\log(n)$ операций), найти минимальный

элемент (за 1 операцию), удалить минимальный элемент (за порядка $\log(n)$ операций), где n — количество элементов в куче. Создадим массив $d[0 \dots n-1]$ (его значение то же самое, что и раньше) и кучу q . В куче будем хранить пары из номера вершины v и $d[v]$ (сравниваться пары должны по $d[v]$). Также в куче могут быть фиктивные элементы. Так происходит, потому что значение $d[v]$ обновляется, но мы не можем изменить его в куче. Поэтому в куче могут быть несколько элементов с одинаковым номером вершины, но с разным значением d (но всего вершин в куче будет не более m , я гарантирую это). Когда мы берём минимальное значение в куче, надо проверить, является ли этот элемент фиктивным. Для этого достаточно сравнить значение d в куче и реальное его значение. А ещё для записи графа вместо двоичного массива используем массив списков. В результате m раз добавляем элемент в кучу, получаем порядка $m \cdot \log(n)$ операций.

Теперь, после рассмотрения всех четырёх алгоритмов можем выбрать подходящий под нашу задачу. Так как у нас реальная дорожная сеть, то циклы неизбежны, следовательно первый и второй алгоритмы нам не подойдут. Далее стоит рассмотреть количество рёбер m . В самом худшем случае, когда у нас остановка перед перекрёстком и мы можем поехать прямо или повернуть на примыкающие дороги, где тоже есть остановки. В итоге мы получаем число равное $(k+1)$ соединений, где k — количество примыкающих дорог. Как правило, в среднем, это значение равно 2. Следовательно количество рёбер в самом худшем случае у нас будет $3 \cdot n$, так как очень редко в одном перекрёстке сходятся более 4 дорог. Это значение будет мало по сравнению с n^2 и мы можем использовать четвёртый алгоритм — алгоритм Дейкстры для разреженных графов с количеством операций $m \cdot \log(n)$.

Список литературы

1. Соснаускене, О. И. Учет автотранспорта и затрат на его содержание на предприятии [Текст] / О.И. Соснаускене // Москва: Дашков и Ко, 2012. – 256 с.

2. Троицкая Н.А., Чубуков А.Б. Единая транспортная система [Текст] / Н.А. Троицкая, А.Б. Чубуков // Москва: Академия, 2013. – 240 с.

3. Андреева Е. А., Белкова Е.В., Солодкий А.И., Бурмистров А.Н. Управление транспортными потоками в городах [Текст] / А.И. Солодкий, А.Н. Бурмистров // Москва: ИНФРА-М, 2019. – 207 с.

4. Амиров, М.Ш. Единая транспортная система [Текст] / М.Ш. Амиров // Москва: Кнорус, 2018. – 178 с.