

Оптимизация процесса создания пояснительной записки по чрезвычайной ситуации

*К.В. Астахов,
студ., k.v.astahov@gmail.com
НИЯУ МИФИ, г. Москва*

В докладе рассматривается оптимизация процесса составления пояснительной записки по чрезвычайной ситуации оперативным дежурным МЧС.

Пояснительная записка по чрезвычайной ситуации (ПЗЧС) – это один из документов, который отражает текущие ситуации на месте происшествия. За время урегулирования чрезвычайной ситуации, как правило, создается несколько ПЗЧС. Начальное содержание каждого следующего документа непрерывно связано с последним состоянием предыдущего. Каждая ПЗЧС содержит в себе описание места происшествия, самого происшествия и предпринятых мер по урегулированию чрезвычайной ситуации. ПЗЧС составляется одним или двумя оперативными дежурными, которые в то же время должны координировать силы и средства на месте происшествия, вследствие чего требуется составлять ПЗЧС как можно быстрее.

Реализованное программное решение в виде веб-приложения позволяет уменьшить время составления ПЗЧС. Были автоматизированы следующие функции: расчет длины маршрутов эвакуации и объезда, расчет расстояния до ближайших важных объектов, определение направления до ближайших важных объектов. Также был автоматизирован процесс нанесения на карту маркеров, рисунков и схем.

The report examines the optimization of the compilation process of an explanatory note on the emergency operative on duty MES.

The explanatory note of the Emergency (ENoE) - is one of the documents, which reflects the current situation at the scene. During the settlement of an emergency, as a rule, it creates multiple ENoE. The initial content of each of the following document is continuously connected to the last previous state. Each ENoE contains a description of the scene, description of the accident and description of taken to resolve the emergency measures. ENoE drawn up by one or two operative on duty, which at the same time should coordinate the forces and means at the scene, thereby it is required to create ENoE as soon as possible.

Implemented software solution in the form of web-based applications to reduce the time of creation of ENoE. The following functions were automated: calculation of the length of the evacuation route and detour, calculation of the distance to the nearest important objects, determining the direction to the nearest important objects. There was also automated the process of applying to the map markers, drawings and schemes.

1. Составление ПЗЧС с помощью модуля «Рабус БМ: Оперативный дежурный»

Модуль автоматизации составления ПЗЧС является частью платформы «Рабус БМ». Серверная часть модуля реализована на языке программирования python с использованием фреймворка Pyramid. Клиентская часть реализована на языке программирования JavaScript с использованием библиотек ExtJS и Leaflet. Поставщиком картографических данных является локальный сервер OpenStreetMap, который входит в состав платформы «Рабус БМ».

В модуле «Рабус БМ: Оперативный дежурный» каждая ПЗЧС представляет собой отдельный документ с заданным набором шаблонных листов. При необходимости шаблоны можно изменять, удалять и добавлять. При создании листа автоматически заполняются некоторые данные. Также реализован механизм автоматического сохранения текущего состояния ПЗЧС и копирования новой записки.

В модуле реализована база объектов, которая подчиняется административно-территориальному делению Российской Федерации и представляет собой дерево объектов (рис. 1).

На самом мелком уровне деления (для города Москвы это район) находятся лечебные учреждения, администрация района, местные ОВД, пожарные части и др. объекты – те, которые необходимо наносить на карту района при составлении ПЗЧС. Каждый объект имеет свои географические координаты. Таким образом существенно снижается время поиска объектов, достаточно найти их в дереве объектов (в котором существует поиск по имени объекта) и нажать кнопку «Показать на карте». Легенда карты формируется автоматически в зависимости от объектов, которые сейчас отображены на карте. В легенде помимо названий объектов и их значков содержится краткая информация по объекту. Эта информация хранится в базе данных и нет необходимости каждый раз вручную прописывать ее на слайде. Также существенно сокращает время составления листа отчета механизм отображения границ района города, в котором произошло происшествие. Данные для границы каждого района, округа, города, области и т. д. хранятся в отдельном файле на сервере в формате GeoJSON. Оперативному дежурному не требуется искать границу района и рисовать ее вручную.

Также в модуле реализован механизм расчета длины маршрутов эвакуации и маршрутов объезда при перекрытии дорог, основанный на формуле гаверсинуса. Данный механизм автоматически считает длину каждого построенного маршрута, в т.ч. динамически во время построения маршрута. Механизм определения направления до ближайших объектов основан на решении обратной геодезической задачи, направление до объекта вычисляется по формуле:

$$\tan \alpha_1 = \frac{\sin \lambda_1 \cos \varphi_2}{\cos \varphi_1 \sin \varphi_2 - \sin \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos \lambda} \quad (1)$$

где α – азимут, φ – географическая широта, λ – географическая долгота, переменные с индексом «1» относятся к месту происшествия, переменные с индексом «2» к объекту, до которого считается расстояние.

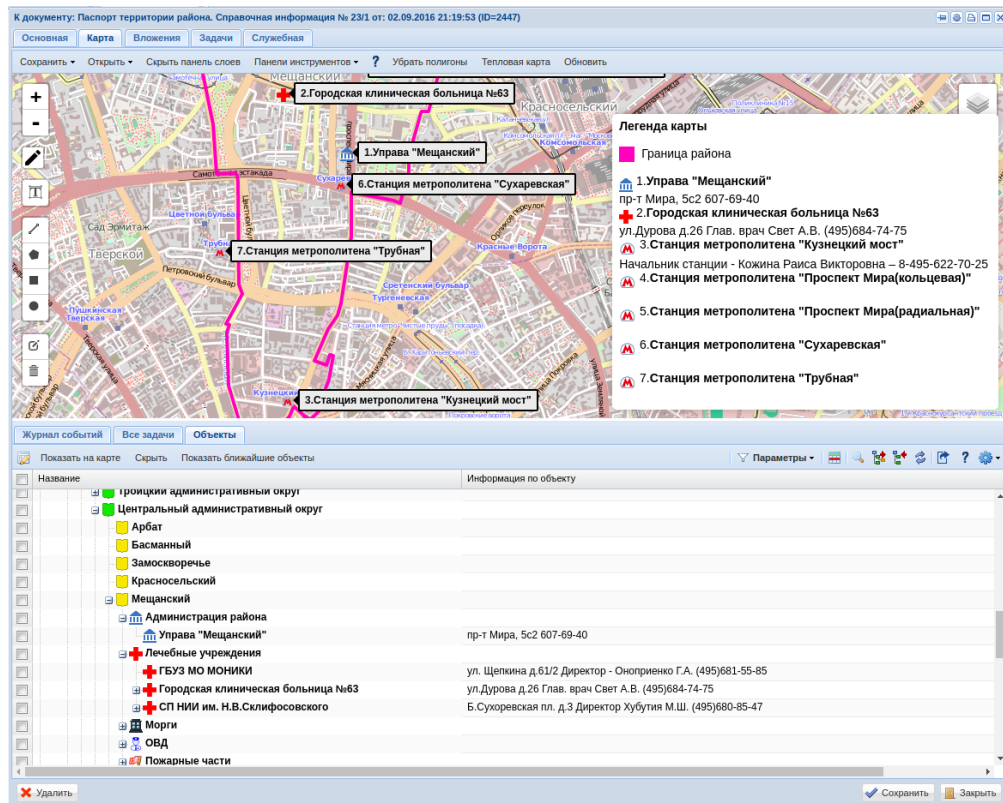


рис. 1 Дерево объектов

2. Постановка задачи оптимизации

К оперативному дежурному МЧС поступает информация об обстановке в районе ЧС. Нужно как можно быстрее составить документ, используя полученную информацию. Документ состоит из листов. Каждый лист содержит в себе определенную информацию. Часть информации повторяется на некоторых листах. Порядок заполнения листов не важен.

Схема последовательности действий представляет собой полный ориентированный граф. Вершины графа – листы документа, ребра – время, требуемое для перехода на лист и выполнения на нем действия.

При увеличении нанесенных схем и рисунков на лист время перехода на него возрастает линейно в зависимости от количества элементов на нем (это связано с тем, что рабочей машине требуется время для отрисовки этих элементов карты, что в свою очередь требует ресурсов у оперативной и видео памяти). Каждая схема/значок требует различное время на выполнение, в зависимости от сложности действия.

Алгоритм заполнения листов должен выглядеть следующим образом:

1. Инициализация документа (его название, дата, тип ЧС и пр.).
2. Начало итераций заполнения листов. Листы заполняются по принципу нанесения одинаковых элементов на разные листы, т.е. сначала элемент №1 наносится на все листы, где он должен быть, затем элемент №2 и т.д.
3. При выполнении этих итераций рассчитывается оптимальный порядок перехода между листами.

3. Формальное описание процесса составления пояснительной записки

Процесс разработки пояснительной записки представляет собой набор промежуточных состояний и поэтому может быть представлен в виде ориентированного графа.

При этом переходы между состояниями обусловлены задействованием определенного количества ресурса и времени.

Время разработки конечного документа зависит от количества задействованных специалистов.

Следовательно, формальное описание процесса разработки пояснительной записки оперативным дежурным может иметь вид:

$PЗ = \{СПЕЦ, ОПЕР, ЛИСТЫ\}$,

где:

PЗ – формальная модель процесса подготовки пояснительной записки;

СПЕЦ – количество доступных специалистов;

ОПЕР – множество элементарных операций по подготовке листов пояснительной записки;

ЛИСТЫ – множество промежуточных состояний процесса. Совокупность листов образует конечную пояснительную записку.

Таким образом, подготовку пояснительной записки любой сложности можно описать с помощью данной модели.

Для оценки эффективности процесса подготовки пояснительной записки необходима разработка критериев эффективности. Рассмотрим критерии эффективности по каждому множеству. Критерии эффективности количества операций по подготовке пояснительной записки {ОПЕР} приведены в таблице 1.1.

Критерии эффективности количества операций по подготовке пояснительной записки {ОПЕР}

Критерий	Значение	Описание
min ОПЕР max ЛИСТЫ	минимум действий при подготовке максимального количества листов ПЗ	При минимуме операция по подготовке листов ПЗ будет получаться большее количество листов
max ОПЕР min СПЕЦ	максимум производимых операций при минимуме задействованных специалистов	Максимальное количество операций по подготовке листов производится минимумом специалистов. Требуется обеспечить максимальное количество операций по оформлению при минимальных человеческих ресурсах, за счет автоматизации.

Критерии эффективности количества операций по подготовке пояснительной записки {СПЕЦ} приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Критерии эффективности количества операций по подготовке пояснительной записки {СПЕЦ}

Критерий	Значение	Описание
min СПЕЦ max ОПЕР	минимум специалистов при максимуме действий	Обеспечение максимального количества операций при минимальном количестве привлеченных специалистов.
min СПЕЦ max ЛИСТЫ	минимум специалистов при максимуме листов ПЗ	Обеспечение максимального выпуска листов ПЗ при привлечении минимального количества специалистов

Критерии эффективности количества листов при подготовке пояснительной записки {ЛИСТЫ} приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3

Критерии эффективности количества листов при подготовке пояснительной записки {ЛИСТЫ}

Критерий	Значение	Описание
max ЛИСТЫ min СПЕЦ	максимум листов ПЗ при минимуме специалистов	Будет генерироваться максимальное количество документов при минимальном количестве участников. Максимум полезного результата получается при минимуме затрачиваемых ресурсов.
max ЛИСТЫ min ОПЕР	максимум листов ПЗ при минимуме операций	Максимальное количество документов генерируется при минимальном количестве произведенных действий. Максимум полезной производительности обеспечивается при минимуме произведенной работы.

На основании данной системы критериев, мы можем сравнивать процесс подготовки пояснительной записки при разных входных условиях и на основании этого принимать решения по автоматизации отдельных операций и организационных мероприятиях в целом.

4. Модель оптимизации процесса на основе ориентированного графа

Рассмотренный процесс подготовки можно представить в виде ориентированного графа, в котором:

Множество вершин $\{V\}$ – это устойчивые состояния процесса подготовки пояснительной записки.

Множество дуг (ориентированных ребер) $\{E\}$ – это множество операций по подготовке листов пояснительной записки. При этом уровень детализации операций может быть разного уровня.

Множество весов ребер – это затраты на осуществление операций человеческого ресурса, машинного времени и время выполнения операции.

Направленность ребер отражает логику последовательности смены состояний системы (этапы создания пояснительной записки).

Сетевой график – необходимый элемент любого процесса, состоящего из нескольких связанных и зависящих друг от друга задач. Нахождение критического пути и временных резервов моделируемого процесса – это цель применения графовой модели. Любые задачи могут быть представлены в виде графа и в виде (матрицы инцидентности). Для нахождения критического пути применяются вычислительные методы.

В нашем случае формализованное описание задачи может иметь следующий вид:

$$T_{кр}(1;ПЗ) \rightarrow \min \quad (2)$$

$$T_{кр}(1;ПЗ) = \max (\sum_1^m \sum_1^n T_{i,j}) \quad (3)$$

где

$T_{кр}$ – путь максимальной длины от истока к стоку графа;

$T_{i,j}$ – время выполнения операции;

m – количество маршрутов (сотрудников);

n – количество операций маршрута.

Задача оптимизации сводится к распределению задач процесса подготовки пояснительной записки таким образом, чтобы маршрут максимальной продолжительности был минимален среди всех вариантов распределения задач процесса.

Рассмотрим пример графового представления процесса подготовки пояснительной записки для конкретных исходных данных.

Вес каждого ребра из множества дуг $\{E\}$ зависит от сложности выполнения действий оперативным дежурным, так, например, зона поражения может иметь разные размеры и нанесение границ занимает разное количество времени, также время выполнения любой операции зависит от наличия у дежурного средств автоматизации – специальных программных средств.

При составлении пояснительной записки могут быть использованы специальные программы, осуществляющие нанесение границ и специальных обозначений, расчёт зон поражения и длин маршрутов.

Для расчета весов ребер введем перечень характеристик:

- АВТ – коэффициент автоматизации для отдельной операции (0...1), чем выше степень автоматизации операции, тем ниже трудоемкость выполнения.
- КОЛ – количество единиц операции, например, количество знаков сил и средств, площадь нанесения зоны поражения, длина наносимого маршрута.
- ВРЕМ – трудоёмкость выполнения одной единицы операции.

Введем ограничения: количество одновременно совершаемых действий не должно превышать количество задействованных специалистов, одним листом занимается один специалист.

Исходные данные: пояснительная записка состоит из 5 листов, подготовкой ПЗ занимаются 2 специалиста, порядок подготовки листов не регламентирован.

На рис. 2-3 приведены примеры графов процесса подготовки пояснительной записки (рис. 2 - нерациональное распределение нагрузки; рис. 3 – рациональное распределение нагрузки).

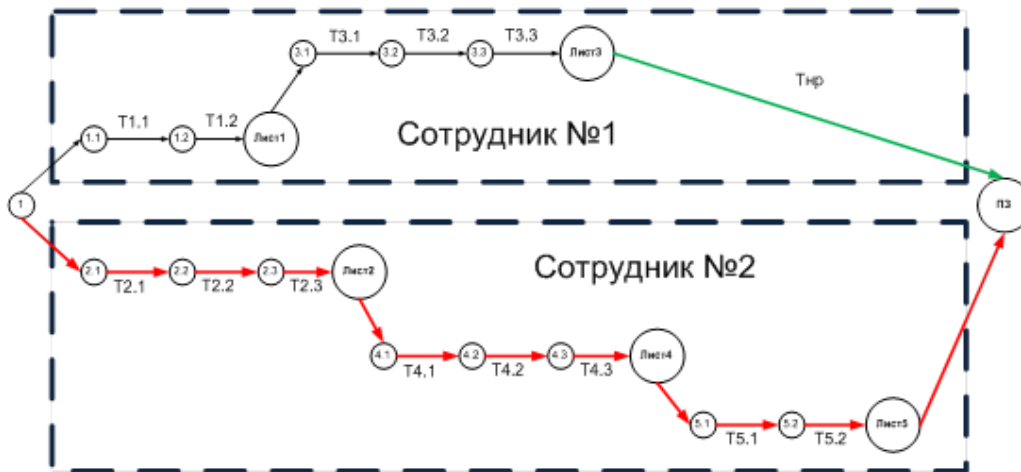


рис. 2 Пример нерационального распределения нагрузки среди специалистов

Граф имеет количество маршрутов, соответствующее количеству доступных специалистов, каждый из которых последовательно готовит листы пояснительной записки.

На рисунках области работы сотрудников выделены пунктирной линией. Дугам графа, соответствующим выполнению промежуточных этапов подготовки листов пояснительной записки, соответствует своя трудоёмкость.

На рисунке 2 приведён пример нерационального распределения нагрузки среди специалистов, так сотрудник №2 получил подготовку трех листов с высокой трудоёмкостью выполнения, в то время как сотрудник №1 получил для подготовки два листа пояснительной записки, при этом лист №1 имеет минимальную трудоёмкость.

На рис. 3 приведён пример рационального распределения нагрузки.

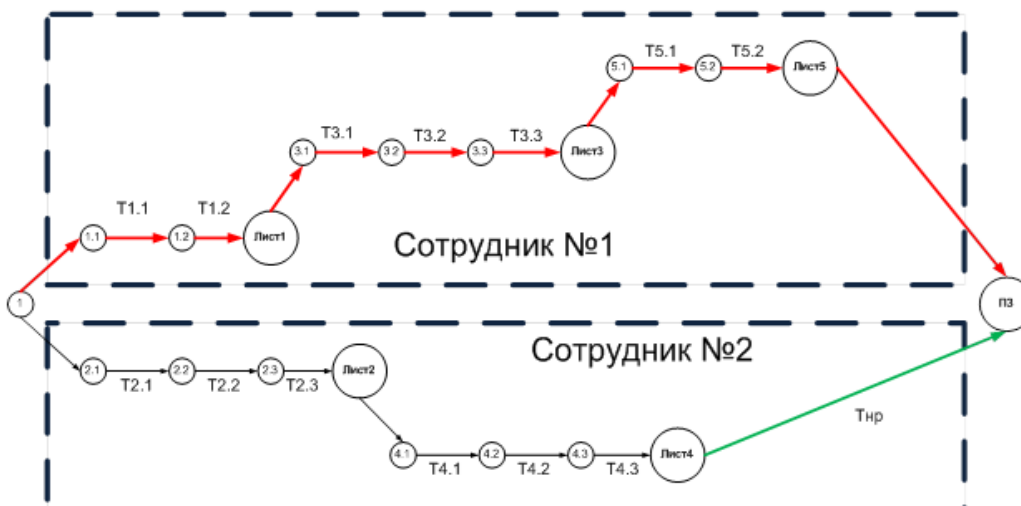


рис. 3 Пример рационального распределения нагрузки среди специалистов

Во втором примере сотруднику №2 поручили два наиболее трудоёмких листа, а сотруднику №1 три минимальных по трудоёмкости листа. Во втором примере критический путь графа будет минимальной длины – это говорит об оптимальном распределении нагрузки среди специалистов.

Красным цветом отмечен критический путь в графе, соответствующий времени завершения пояснительной записки. Зелёным цветом отмечен отрезок незадействованного ресурса (Тнр).

Процесс подготовки пояснительной записки является оптимальным, когда время подготовки ПЗ и время незадействованного ресурса минимально. Перед распределением задач при подготовке пояснительной записки должна быть дана оценка трудоёмкости подготовки каждой страницы ПЗ, далее между доступными специалистами должна быть равномерно распределена эта нагрузка.

Общая трудоёмкость ПЗ рассчитывается следующим образом:

$$T = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n T_{i,j}; \quad (4)$$

средняя трудоёмкость рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n T_{i,j}}{m}; \quad (5)$$

а загрузка каждого специалиста приблизительно равна:

$$T_i = \sum_{j=1}^n T_{i,j} \quad (6)$$

Заключение

Вышеперечисленный метод оптимизации существенно сокращает время создания ПЗЧС без уменьшения качества пояснительной записки. В результате применения оптимизации удалось сократить время составления пояснительной записки на 21% (с 120 минут до 95 минут). Модель электронного документа упрощает доступ к предыдущим ПЗЧС, что положительно сказывается на возможности анализа аналогичных чрезвычайных ситуаций, произошедших ранее. В результате сокращения времени составления ПЗЧС оперативный дежурный имеет больше времени для координации сил и средств на месте происшествия, что положительно сказывается на процессе урегулирования чрезвычайной ситуации.