

В.С. Коморовский, Н.В. Мартинович, П.А. Осавелюк, И.Н. Татаркин
(Сибирская пожарно-спасательная академия – филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, г. Красноярск; e-mail: komorovski.w@mail.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАРАУЛА ПОЖАРНОЙ ЧАСТИ МЕТОДОМ "PROCESS MINING"

На базе руководящих документов и журнала пункта связи подразделения пожарной охраны разработана математическая модель выезда караула пожарной части. Материал статьи является подходом к решению задачи системного анализа функционирования пожарной части.

Ключевые слова: пожарная часть, караул, системный анализ.

V.S. Komorovski, N.V. Martinovich, P.A. Osaveluk, I.N. Tatarkin **FIRE SERVICE WATCH ACTIVITY INVESTIGATION BY "PROCESS MINING" TECHNIQUE**

On the basis of guidelines and a point of contact log fire brigade developed a mathematical model of the guard out of the fire. Material article is an approach to solving the problems of system analysis functioning firehouse.

Key words: fire service, guard, system analysis.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 12 марта 2014 г.

Введение

Одной из основных проблем управления организациями и, в более широком смысле, сложными социально-экономическими системами является дистанция между формальным описанием системы в виде регламентирующих документов, уставов, инструкций и т.п. и реальными процессами функционирования системы.

На сегодняшний день, в ряде научно-исследовательских работ обосновано применение международных стандартов функционального моделирования при разработке систем различных организаций. В тоже время исследования, посвящённые применению математических моделей, носят в основном узконаправленные задачи без учёта многофакторного анализа особенностей и структуры деятельности пожарно-спасательных подразделений в условиях изменяющихся задач. На практике использование теоретических и практических достижений в управлении остается фрагментарным. Для решения стратегических и оперативных задач управления в подразделениях МЧС, необходима объективная информация о процессах и результатах работы пожарно-спасательных подразделений.

Действия подразделений пожарной охраны строго регламентированы рядом нормативных актов и в целом определяют алгоритм работы подразделений от момента поступления сообщения до полной ликвидации последствий про-

исшествия и возвращения к месту постоянной дислокации. Выезд подразделений пожарной охраны на тушение пожаров и проведение аварийно-спасательных работ в населенных пунктах и организациях, в соответствии с действующим законодательством, осуществляется в безусловном порядке. Таким образом, учитывая задачи, возложенные на подразделения пожарной охраны, основными событиями для них будут происходящие пожары и другие происшествия и ЧС, где необходимо проведение аварийно-спасательных работ [0, 0]. Все процессы, происходящие в течение суточного дежурства, фиксируются как на электронных носителях, так и в письменной форме в соответствующих журналах, например, журнале пункта связи части.

Журнал пункта связи подразделения пожарной охраны (журнал ПСЧ) является отчётным документом, в котором фиксируются в письменном виде краткое содержание и временные показатели основных работ подразделений на выезде. Журнал представляет собой массив первичных записей, анализ которых может дать большой объём информации о непосредственной деятельности пожарной части и процессах функционирования пожарно-спасательных подразделений МЧС России. Однако аналитический потенциал первичных отчетных документов используется, на наш взгляд, недостаточно. Это, по-видимому, связано с отсутствием методической базы для исследования процессов по первичным данным.

Методика исследования

Личный состав караула пожарной охраны в России имеет суточную (24-часовую) продолжительность смены с организацией 72-часового отдыха между сменами. Караулы пожарных частей делятся на отделения по количеству пожарной автотехники в расчёте. Исследование первичной информации проводилось на основании анализа деятельности караула пожарной части № 19 г. Красноярска (ПЧ-19), состоящей из 3 основных пожарных автомобилей (отделений). На каждый вызов, в зависимости от первичных данных о сообщении и оперативной обстановки, осуществляли выезд от 1 до 3 отделений караула пожарной части. В качестве объекта исследования использовался журнал ПЧ-19 за ноябрь 2009 года. Были обработаны данные с 03.11.09 по 10.12.09. На первом этапе рассматривались исключительно статистические характеристики деятельности подразделения.

Всего обработано 195 вызовов, на которые совершено 224 выезда отделений дежурного караула пожарной части. Исследования деятельности караулов других подразделений, следующих на тот же вызов, не проводилось. Каждая запись журнала ПСЧ представлена в виде кортежа:

$$X = \{I, E_i, t_s, R, t_f, S\},$$

где I – уникальный идентификатор вызова;

E – событие, зафиксированное в журнале, например, выезд автомобиля, прибытие на место происшествия, возвращение в подразделение;

t_s – время начала события;

R – идентификатор отделения, к которому относится событие;
 t_f – время окончания события;
 S – сроковое примечание, общее для всех событий одного вызова.
Общее количество событий $E = 720$.

Однако, для решения задач управления необходимо продуктивно использовать не только статистический анализ показателей функционирования пожарно-спасательных частей, но и составить описание реальных процессов, имеющих место при выполнении подразделением возложенных на него задач.

Процессный подход в управлении – достаточно новое для нашей страны направление менеджмента. Данный подход, по сравнению с преобладающим функциональным, имеет ряд преимуществ. В частности, понимание функционирования системы как сети процессов априори предполагает возможности улучшения. Любой процесс имеет поставщика ресурсов и потребителя выходного продукта, что делает более прозрачной ответственность исполнителей и выявляет "узкие места".

Сложность применения данного подхода заключается в выделении адекватных действительности цепочек действий при рассмотрении системы. Для преодоления данной сложности был предложен так называемый "*process mining*" – **методология извлечения бизнес-процессов** из журналов событий [0]. Краткий перевод данного термина на русский язык пока не сложился, поэтому мы в дальнейшем будем использовать английский термин. Концепция "process mining" позволяет восстанавливать процессы по журналам событий (логам) информационных систем [0].

В нашей работе мы исходим из следующего очевидного предположения: любая организация имеет информационную систему, не обязательно автоматизированную, а любая информационная система порождает лог. В качестве такого лога, в нашем случае, рассматривается журнал ПСЧ.

Для восстановления процессов по логам информационных систем разработано специальное программное обеспечение ProM 6.2 [0]. Данное программное средство, благодаря встроенным в него плагинам, позволяет анализировать лог информационной системы и представлять результаты анализа в виде различных формализмов, например, сети Петри. Далее, аналитик может представить деятельность пожарно-спасательной части в одной из формальных нотаций, к примеру, IDEF0 или ARIS.

Результаты и обсуждение

В первую очередь, были исследованы некоторые общие статистические закономерности. Общее время работы составило 10609 мин или 176,8 ч. За 37 суток (или 888 ч., взятых для исследования) доля времени на выездах составила 19,9 %. При этом на пожары и загорания (в том числе с учётом тушения мусора и т.п.) поступил 51 вызов (26,2 % от общего числа вызовов), караулы выезжали 86 раз (38,4 % от общего числа выездов). Время работы на пожарах составило 5387 мин или 89,8 ч. Таким образом, на 26,2 % вызовов приходится 50,8 % рабочего времени.

Минимальное время обработки одного вызова – 1 минута (отделение вернулось с пути следования), максимальное время – 580 мин (9,7 ч.). Некоторые статистические характеристики представлены в табл. 1.

Таблица 1

Статистические характеристики выездов караула пожарной части

Показатель, мин	Всего	Пожары
Общее время	10609	5387
Мин. время выезда	1	8
Макс. время выезда	580	580
Среднее время выезда	54.4	75.8
Медиана времени выезда	37	40

Интересно исследовать распределение времени выездов между отделениями пожарной части. Наибольшая нагрузка по обработке вызовов ложится на первое отделение ПЧ-19. Вообще говоря, время выездов распределяется, как показано на рис. 1.

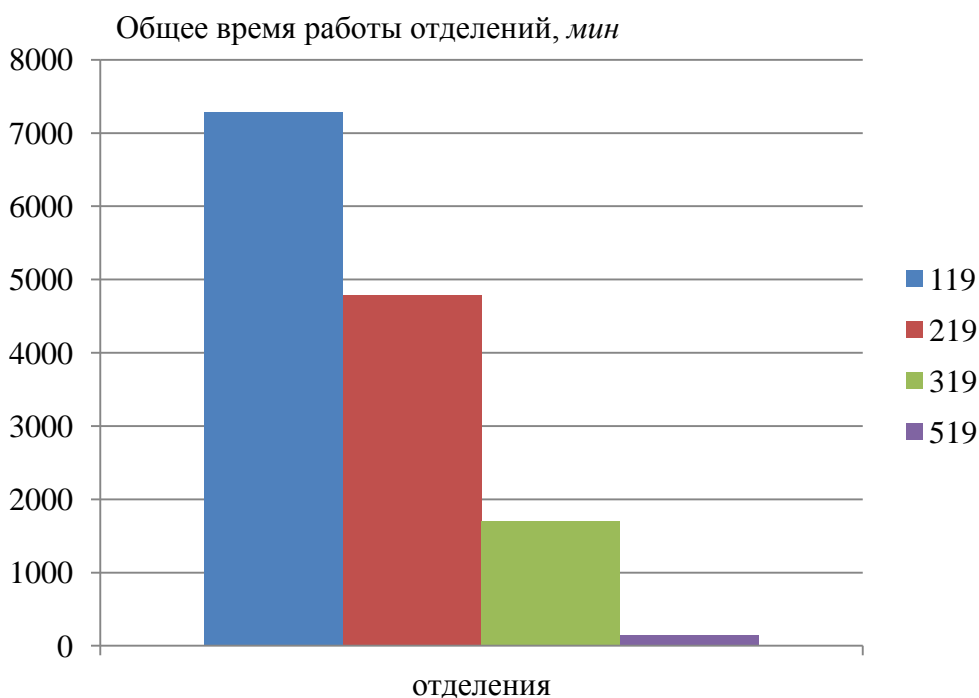


Рис. 1. Общее время работы отделений

Также можно исследовать загруженность отделений в течение суток. Естественно, что в зависимости от времени суток изменяется загруженность отделений при работе на выездах. Распределение времени работы в зависимости от времени суток и отделения представлено на рис. 2.

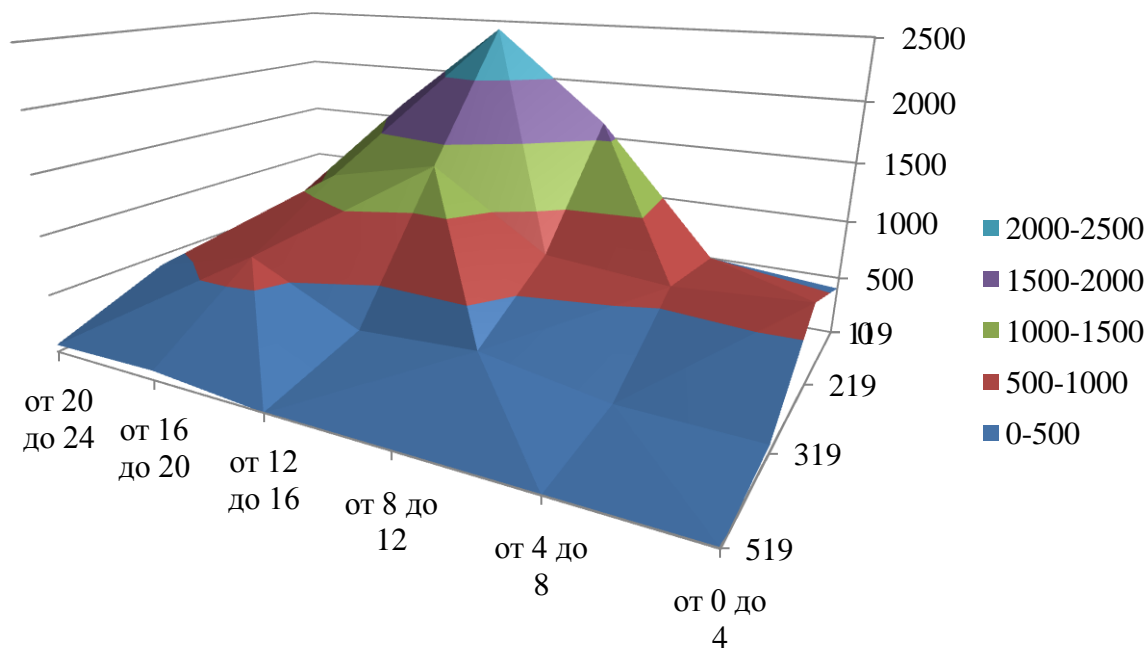


Рис. 2. Распределение времени работы в зависимости от отделения и времени суток

Приведённый простой анализ может быть расширен в зависимости от цели исследования, а его результаты могут использоваться для решения различных задач управления пожарно-спасательными подразделениями.

Рассмотрим непосредственно цепочки событий в рамках одного выезда. Минимальная цепочка обработки выезда составляет 2 события: выезд и возвращение. Максимальная цепочка в рассматриваемой выборке составляет 28 событий. При этом очевидно, что встречаются повторяющиеся события. Если рассматривать цепочку уникальных событий, то её максимум составит 12 событий. Всего различных классов событий в данной выборке выделено 30. В определённом смысле можно говорить о том, что для реагирования на вызов может использоваться 30 различных вариантов работ. При этом все классы имеют старт события и завершение события. Наиболее часто встречающимися событиями являются выезд, возвращение, транспортная пробка, разведка, подача ствола Б.

С использованием программного обеспечения ProM 6.2 был проведен анализ информационного лога. Сначала была применена процедура эвристической фильтрации лога с сохранением событий, имеющих относительную встречаемость более 80 %. Затем с отфильтрованным логом была произведена процедура "process mining" с использованием плагина "Mine heuristic net using Genetic miner" [0]. Данный плагин позволяет восстановить модель процесса из лога с использованием генетических алгоритмов. Попутно лог очищается от шумов. Полученная модель представлена на рис. 3.

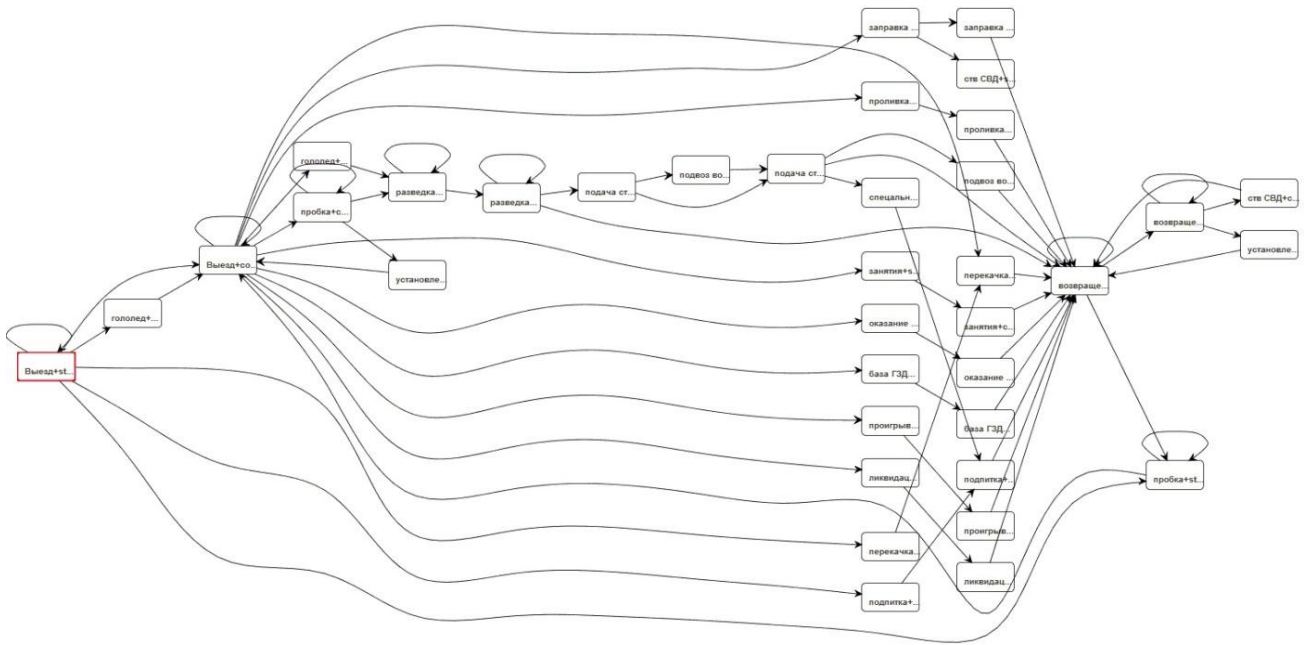


Рис. 3. Процессы, восстановленные плагином "Mine heuristic net using Genetic miner"

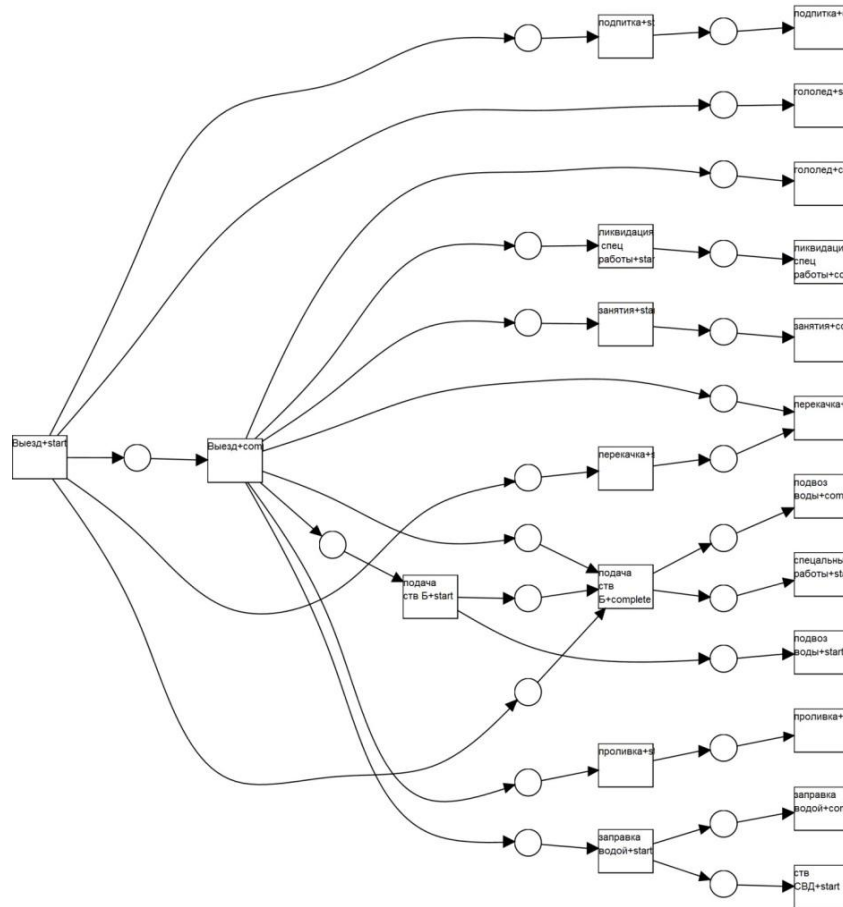


Рис. 4. Сеть Петри, полученная с помощью плагина "Mine for Petri net using ILP"

На рис. 3 показано, что процедура обработки любого вызова начинается с выезда (событие "выезд + start") и, как правило, заканчивается возвращением в подразделение (события "возвращение + start" и "возвращение + complete"). Между началом и завершением выезда могут быть инициированы события "пробка" и "гололед", завершающиеся одновременно с завершением события "выезд". Между открывающим и завершающим событием выделены 10 цепочек событий, из которых 9 простых, двухкомпонентных. Например, возможна следующая полная "простая" цепочка обработки вызова: выезд – пробка – база ГДЗС – возвращение. Одна из выделенных цепочек сложная, содержит множество событий и разветвлений. Однако приведенная схема содержит некоторые ошибки, связанные с особенностями эвристического анализа, например, событие "подача СВД + complete" оказалось между событиями "возвращение + start" и "возвращение + complete", что, очевидно, неправильно.

Построим сеть Петри, используя плагин "Mine for Petri net using ILP" [0]. Результаты работы плагина показаны на рис. 4. Здесь мы видим разложение сложных цепочек на простые составляющие их события с образованием поглощающих состояний, что, вообще говоря, неверно. Однако, базируясь на приведенных результатах process mining, мы можем составить модель процессов в одной из общепринятых нотаций. В данном случае более подходящей представляется нотация EPC. Обобщенное описание процесса деятельности пожарной части приведено на рис. 5.

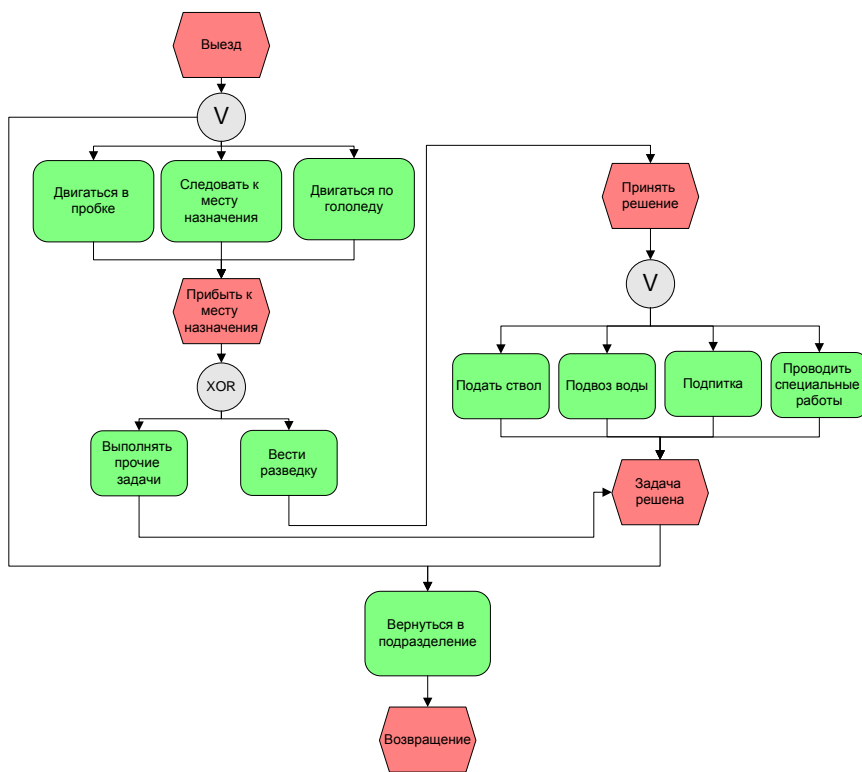


Рис. 5. Описание процесса в нотации EPC

На рис. 6 представлена декомпозиция процесса "Тушить пожар" в нотации IDEF0, составленная на основе руководящих и методических документов. Сравнение приведенных моделей показывает, что в целом, данные модели не противоречат друг другу. При этом модель в нотации IDEF0 отражает более общие стороны деятельности пожарной части, с точки зрения функционального подхода. Более глубокая декомпозиция данной модели приводит аналитика к конкретным алгоритмам выполнения тех или иных функций.

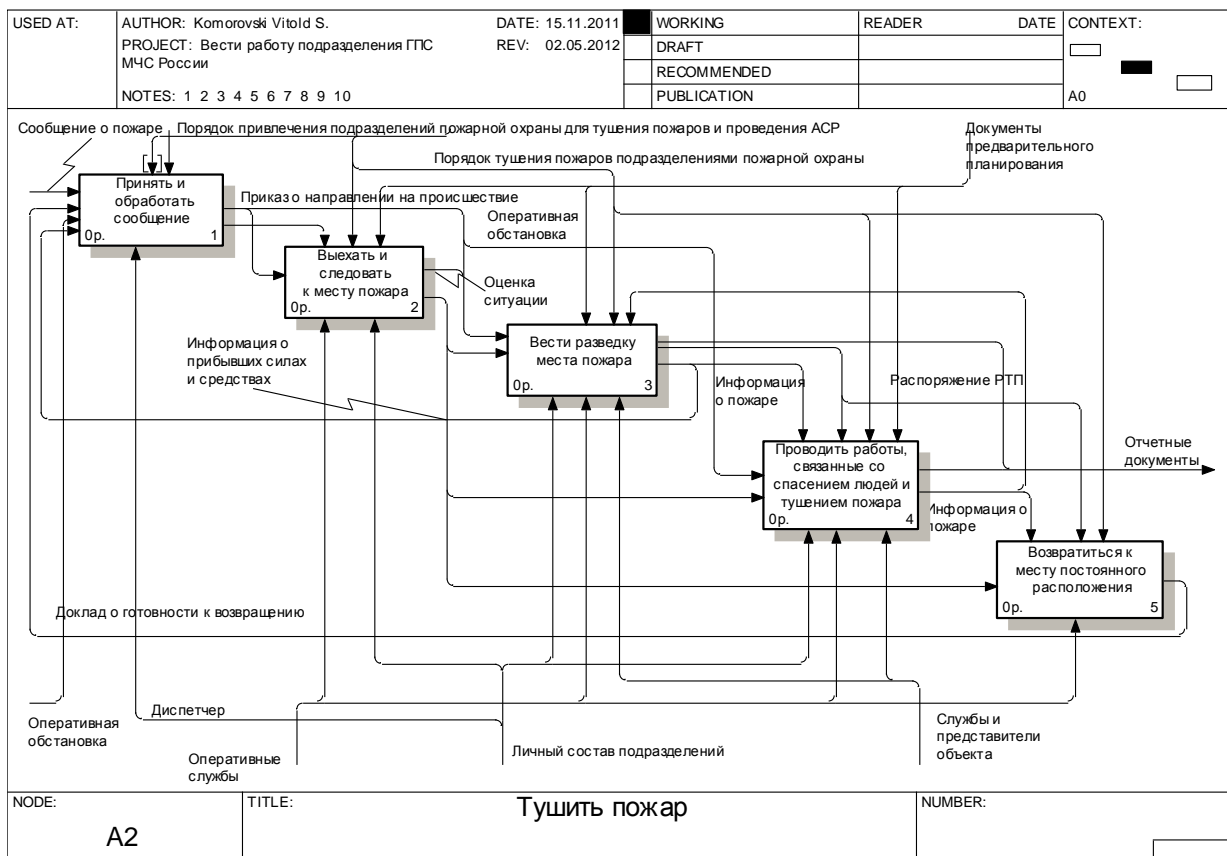


Рис. 6. Декомпозиция процесса "Тушить пожар" в нотации IDEF0

Однако при построении модели по данным руководящих документов вполне вероятна ситуация, когда будут выделены несущественные процессы или, наоборот, упущены важные (второе более вероятно). Частотный или, шире, стоимостной анализ таких моделей представляет собой отдельную процедуру. При построении моделей процессов на базе "process mining", напротив, частотный анализ проводится сразу, как было показано выше. Несущественные процессы могут быть отфильтрованы еще до формализации модели. Нерегламентированные процессы, при этом вносимые в лог событий, обязательно отражаются в результатах анализа. Таким образом, повышается качество построения модели и можно ожидать повышение адекватности принимаемых управленческих решений.

Заключение

В рассмотренном в статье случае были выявлены существенные затраты времени на вспомогательные операции, составляющие до половины всего времени работы на выездах. Данные затраты должны обязательно учитываться как при построении моделей деятельности пожарно-спасательных подразделений, так и при подведении итогов их работы.

Применение новой методологии системного анализа – "process mining" для исследования работы пожарно-спасательного подразделения показывает весьма интересные результаты. Данная методология способна выявлять неочевидные зависимости и процессы.

Литература

1. **Приказ** МЧС России №156 от 31 марта 2011 г. "Об утверждении порядка тушения пожаров подразделениями пожарной охраны". Зарег. в Минюсте РФ 9 июня 2011 г. № 20970.
2. **Тербнев В.В., Тербнев А.В., Подгрушный А.В., Грачев В.А.** Тактическая подготовка должностных лиц органов управления силами и средствами на пожаре: учебное пособие. Екатеринбург, 2006. 288 с.
3. **Weijters A.J.M.M., W.M.P. van der Aalst.** Process Mining: Discovering Workflow Models from Event-Based Data // Proceedings of the 13th Belgium-Netherlands Conference on Artificial Intelligence (BNAIC 2001). BNVKI, Maastricht, 2001. Pp. 283-290.
4. **Process mining workbench.** <http://www.promtools.org/prom6>.
5. **Alves De Medeiros A.K., Weijters A.J.M.M., W.M.P. van der Aalst.** Genetic process mining: a basic approach and its challenges // Data Mining and Knowledge Discovery. 14 (2). Pp. 245-304, 2007.
6. **Weijters A.J.M.M., Ribeiro J.T.S.** Flexible Heuristics Miner (FHM) // Proceedings of the IEEE Symposium on Computational Intelligence and Data Mining, CIDM 2011, part of the IEEE Symposium Series on Computational Intelligence 2011. Paris. Pp. 310-317.
7. **Verbeek H.M.W., Aalst van der W.M.P.** An Experimental Evaluation of Passage-Based Process Discovery // BPM Center Report BPM-12-14, BPMcenter.org, 2012.
8. **Aalst van der W.M.P., Weijters A., Maruster L.** Workflow Mining: Discovering Process Models from Event Logs // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. 16 (9). Pp. 1128–1142.