

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федерально государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Иркутский государственный университет путей и сообщения»  
(ФГБОУ ВО ИрГУПС)

Факультет «Управление на транспорте и информационные технологии»  
Кафедра «Информационные системы и защита информации»

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ  
зав. кафедрой «ИСиЗИ»  
д.т.н., доцент Аршинский Л.В.

ЛОГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИМИТАЦИОННЫМ ПРОЦЕССОМ НА ОСНОВЕ  
СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ТЕОРЕМ

Магистерская диссертация

МД.430200.09.04.04.001-2018.ПЗ

КОНСУЛЬТАНТ  
по нормоконтролю  
к.т.р. доцент Матиенко Л.В.

РУКОВОДИТЕЛЬ ПРОЕКТА  
ст. пр. Звонков И.В.

ИСПОЛНИТЕЛЬ  
студент группы ПИМ.1-16-1  
Арляпов С.В.

Иркутск 2018

## Содержание

Введение	3
1 Анализ предметной области	6
2 Постановка задачи	11
2.1 Упрощения	11
2.1.1 Логическая модель	12
3 Моделирование и анализ	15
3.1 Пример работы реализации	15
3.2 SimPy	16
3.2.1 Реализация на SimPy	16
3.2.2 Пример работы реализации	17
3.3 Интеллектуальная реализация	17
3.3.1 Пример работы реализации	18
3.4 Сравнительный анализ	19
Заключение	20
Список использованных источников	21

					<i>МД.430200.09.04.04.001–2018.ПЗ</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Арляпов С.В.</i>			<i>Логическое управление имитационным процессом на основе системы автоматического доказательства теорем</i>		
<i>Пров.</i>		<i>Званков И.В.</i>					
<i>Н. Контр.</i>		<i>Матиенко Л.В.</i>					
<i>Утверд.</i>		<i>Аршинский Л.В.</i>					
					<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
						2	21

## Введение

На сегодняшний день неотъемлемой частью технического оснащения практически любого здания является подъемное устройство. Это может быть эскалатор, подъемная платформа, но самым распространенным оборудованием является лифт.

Лифт – это грузоподъемное устройство, предназначенное для вертикального перемещения грузов и людей в кабине, передвигающейся по жестким направляющим. По конструктивным особенностям лифты бывают различными, но несмотря на это действуют они по одному принципу.

В устройстве любого лифта обязательно присутствуют определенные компоненты, такие как кабина (или платформа), она закрепляется на стальных тросах, перекинутых через шкив приводного механизма, передающего силу с одного места на другое. В машинном отделении в верхней части шахты лифта расположен сам приводной механизм вместе с аппаратурой управления лифтом, куда и передаются сигналы из кабины лифта.

Лифты подразделяются на категории по видам транспортируемых грузов.

Существуют лифты пассажирские, используемые в жилых, общественных зданиях. В пассажирском лифте допускается перевозка легких грузов и предметов домашнего обихода при условии, что их общая масса вместе с пассажиром не превышает грузоподъемности лифта. Такие лифты могут быть также с увеличенной платформой - для перевозки больных и инвалидов, поскольку они обязательно должны вмещать на платформу инвалидную коляску или кушетку.

Еще одной категорией являются грузовые лифты, которые также могут подразделяться по видам прилагаемой подъемной силы (к верхней части кабины, либо к нижней).

Лифты могут также классифицироваться по способу обслуживания. В этом случае различают лифты самостоятельного пользования, которыми управляет сам пассажир, и лифты, которыми управляет проводник и которые всегда сопровождают груз.

Разные лифты движутся с различной скоростью. По скорости движения кабины

					МД.430200.09.04.04.001-2018.ПЗ	Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

они подразделяются на следующие типы:

- тихо-ходные (до 1,0 м/с);
- быстроходные (от 1,0 до 2,0 м/с);
- скоростные (от 2,0 до 4,0 м/с);
- высокоскоростные (свыше 4,0 м/с).

Относительно типа привода подъемного механизма лифты подразделяются на электрические (с приводом от электродвигателя переменного или постоянного тока) и гидравлические (с приводом в виде подъемного гидроцилиндра или лебедки с гидродвигателем вращательного типа).

В устройстве лифта важна не только механика и принцип движения кабины в пространстве, но также и способы реагирования лифта на поступающие от пользователей запросы. По способу управления лифты различают:

- простое раздельное управление. В данном случае регистрируется и выполняется только одна команда (приказ или вызов);
- собирательное управление, при котором регистрируются все команды, а их выполнение осуществляется в соответствии с программой работы лифта. При этом могут совершаться попутные остановки по вызовам или приказам. Для лифтов жилых зданий попутные остановки по вызовам выполняются только при движении кабины вниз, а в общественных зданиях - в обоих направлениях. По приказам попутные остановки предусмотрены во всех лифтах в обоих направлениях;
- одиночное управление (управление одним лифтом);
- групповое - управление группой лифтов, расположенных в одной шахте, обслуживающих одни и те же этажи и имеющих одинаковую скорость. Разновидностью группового управления является парное управление лифтами, применяемое в жилых зданиях повышенной этажности.

В данной работе будут рассмотрены проблемы группового управления лифтами.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка программного решения, подтверждающего принципиальную возможность и целесообразность построения и использования системы логического вывода в интеллектуальном управ-

лении группой лифтов.

В рамках данной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- изучить принципы автоматического логического вывода;
- разработать математическую модель интеллектуального управления группой лифтов;
- разработать варианты программной реализации модели интеллектуального управления группой лифтов;
- провести сравнительный анализ полученных программных решений.

					МД.430200.09.04.04.001–2018.ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 1 Анализ предметной области

Развитие лифтостроения в значительной мере определяет возможности современного высотного строительства, так как предельная высота здания ограничивается, во-первых, пропускной способностью его вертикального транспорта, во - вторых, надежностью лифтовой шахты. Возможности лифтового оборудования зависят от достижений в области науки и техники, а также успехами экономического развития промышленно развитых стран.

Развитие инфраструктуры современных мегаполисов невозможно без многоэтажных жилых, производственных и офисных зданий, в которых эксплуатируются несколько лифтов, объединенных в группы. В этой связи актуальным видится вопрос совершенствования взаимной работы таких групп с целью повышения их эффективности. Это позволит как уменьшить число лифтов группы, так и сократить энергетические затраты существующих, что особенно уместно на фоне постоянного роста тарифов на электроэнергию.

Считается, что наилучшим алгоритмом управления группой лифтов является тот, который обеспечивает минимальные значения времени ожидания кабины пассажирами на посадочном этаже и перемещения их между этажами, а также минимизирует расход электроэнергии и при этом не требует значительных финансовых затрат [1]. При определении параметров группы лифтов и алгоритмов управления требуется аналитически оценить характеристики пассажиропотока здания. Основными такими характеристиками являются: интенсивность пассажиропотока, время ожидания кабины на этаже и время кругового рейса кабины [2].

Сложностью при определении указанных параметров является факт, что загрузка лифтового оборудования зданий и сооружений изменяется во времени по случайному закону. Однако здания и сооружения схожего типа и назначения характеризуются общностью так называемых всплесков интенсивности использования лифтов. Например, в административных зданиях и учебных заведениях расписание трудовой и учебной деятельности предопределяет характерные всплески интенсивности пассажиропотоков в начале и конце рабочего дня. Напротив, в жилых домах массовой

застройки утренние и вечерние всплески интенсивности пассажиропотоков менее чётко выражены.

В любом случае, если лифтовая система обеспечить критический пассажиропоток, то она обеспечит и любой другой пассажиропоток в любое время суток. Критический поток определяется некоторым временем, когда количество пассажиров лифта, поступающих на основной посадочный этаж за единицу времени, максимально. Если максимальный пассажиропоток значителен, то это сути не меняет. Если пассажиропоток относительно постоянен в течение суток, задача существенно упрощается, так как лифтовая система призвана обеспечить именно этот постоянный по величине поток.

В настоящее время применяются два метода оценки характеристик пассажиропотока здания: метод моделирования и метод калькуляции. Исходной информацией для обоих методов является [2, 4, 5, 6]:

1. Характеристики здания: количество жильцов на верхних этажах (исходя из предположения об одинаковом среднем количестве жильцов на этаже); количество обслуживаемых этажей; расстояние, которое проходит лифт от основного посадочного до последнего этажа и от основного посадочного до первого верхнего этажа; требуемая пропускная способность лифта (группы лифтов)

2. Характеристики лифта: грузоподъемность кабины; коэффициент заполнения кабины, скорость лифта: время срабатывания тормоза; задержка при пуске привода; величина ускорения/замедления кабины, рывок (темп изменения ускорения/замедления); тип дверей (открывающиеся в середине или телескопические): ширина дверей; время открытия/закрытия дверей; время блокировки дверей (время задержки перед закрытием дверей после того, как в них прошел последний пассажир); предварительное время открытия дверей (инициация открытия дверей, прежде чем кабина достигла уровня этажа).

3. Статистическая информация: средний вес пассажира (68-80 кг, зависит от действующих строительных нормативов); время входа.выхода пассажира и др.

4. Особые факторы: этажи с ресторанами, банками, конференц-залами и т.п.

В случае оценки пассажиропотока для жилых зданий массовой застройки используется метод калькуляции. В отечественной литературе по лифтам приведены расчетные зависимости [3, 7], соответствующие, в свою очередь, методическим основам расчета пассажирского вертикального транспорта, изложенным в «Пособии по проектированию общественных зданий и сооружений» (приложение к СНиП 2.08.02) ГОСТ Р 52941-2008. В этом случае рассчитывается время кругового рейса кабины - время между двумя последовательными отправлениями вверх кабины одного того же лифта с основного посадочного этажа, которое включает в себя время на движение вверх до этажа назначения, поворота и вниз до основного посадочного этажа, а также время на остановки и стоянку на этажах.

Применение метода моделирования целесообразно для анализа пассажиропотока высотных домов, где требуется индивидуальный логический подход к характеристикам лифтового оборудования для повышения комфортности поездок и снижения затрат энергопотребления. Отечественными и зарубежным учеными было проведено множество исследований посвященных как непосредственно анализу пассажиропотока зданий, так разработке методик его определения и моделирования [2, 4, 5, 8, 9]. При моделировании весь предполагаемый поток людей переносится в виртуальный. Это достигается путем генерации случайных чисел и использовании идентичных реальным алгоритмов управления группой лифтов.

Результатом моделирования является набор данных, подлежащих статистической обработке, после чего осуществляется выбор системы (алгоритма) управления группой лифтов. Классический алгоритм основывается на принципах парных и групповых систем управления, которые подразумевают выполнение следующих задач [7]:

1. На каком этаже здания воза каждого лифта устанавливается вызывная панель (пост), имеющая две кнопки вызова (вверх и вниз).
2. Кабина каждого лифта содержит внутреннюю панель с количеством кнопок, равным числу обслуживаемых этажей.
3. В случае нажатия кнопки вызова система управления ищет первый попавшийся свободный лифт обеспечивает его остановку на этаже вызова. В случае отсутствия



свободной кабины система переходит в режим ожидания, а затем, при освобождении кабины, отправляет ее по соответствующему вызову.

4. В случае если через этаж, на котором инициирован вызов, проходит попутный лифт, то попутный лифт останавливается системой управления на данном этаже.

5. После нажатия пассажиром кнопки внутри лифта, система управления отправляет лифт на этаж назначения, ставя при этом высший приоритет выполнения на ближайший этаж в соответствии с текущим направлением движения лифта. При этом во время движения лифта учитывается логика использования попутного лифта, описанная в предыдущем пункте.

Усовершенствованные системы управления группой лифтов основываются на классическом алгоритме, дополненным одним из так называемых конфликтных критериев в качестве целевой функции. Чаще всего, таким критерием выступает минимизация затрат электроэнергии. То есть, оптимальным считается рейс с наименьшим расходом электроэнергии и временем ожидания не более 90 с. Сокращение времени ожидания и количества потребляемой энергии - две противоположные задачи, поэтому при выборе алгоритма управления вводятся весовые коэффициенты. В настоящее время они устанавливаются проектировщиком и являются постоянными величинами. Выбор подходящих значений этих коэффициентов в каждой ситуации движения приводит либо к сокращению количества электроэнергии, необходимого для перевозки пассажиров за счет снижения скорости их обслуживания, либо к обеспечению пассажиров более быстрым сервисом за счет увеличения энергозатрат.

Качественная работа лифтов и их надежность остается одним из ключевых аспектов в деле обеспечения безопасности жилых и общественных зданий, что обуславливает усложнение систем управления процессом передвижения. Поэтому ведущие производители лифтового оборудования осуществляют постоянную разработку новых все более эффективных систем управления лифтами, а также модернизацию уже существующих алгоритмов.

На сегодняшний день не существует оптимального алгоритма управления системой группой лифтов, так как каждый из них имеет ряд недостатков.

					МД.430200.09.04.04.001-2018.ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Например, в основе классического алгоритма заложен принцип парного и группового управления, который в свою очередь базируется на собирательном управлении, то есть вызовы должны регистрироваться и выполняться в соответствии с ограниченным числом условий, которые должны быть учтены при проектировании системы управления. Поскольку ограничено количество условий, по которым система управления распределяет вызовы между кабинами и свободные кабины по высоте здания, то любая система не во всех ситуациях действует наилучшим образом. При этом, чем больше условий учтено при проектировании системы группового управления, тем система сложнее, что в свою очередь приводит к увеличению числа полупроводниковых логических элементов.

Недостатком усовершенствованной системы управления является тот факт, что, несмотря на ввод конфликтного критерия, система не может обеспечить одновременно комфортную доставку пассажиров без увеличения энергозатрат.

Таким образом, актуальной является задача разработки алгоритма, в основе которого заложен принцип северного управления лифтовыми группами с целью реализации более сложных алгоритмов без увеличения числа дополнительных логических элементов. Северное управление также позволит внедрять большее число дополнительных функций и связывать между собой согласованную работу лифтов наряду с обеспечением комфортной доставки пассажиров без увеличения энергозатрат, что отсутствовало в существующих алгоритмах. При разработке подобных систем в качестве показателя эффективности работы целесообразно использовать число внедряемых функций наряду с уже существующими показателями эффективности.

## 2 Постановка задачи

Целью данного исследования является выявление принципиальной возможности и целесообразности построения и использования системы логического вывода в рассматриваемой задаче. Поэтому оправданы все упрощения, которые неизбежны при построении моделей и переходе к реальному приложению.

### 2.1 Упрощения

Первым основным упрощением является дискретность времени с заданной величиной интервала между соседними моментами времени (тактами), содержащее начальный момент и бесконечно продолжимое вправо. Высота этажей считается одинаковой, и скорость движения лифта с одного этажа на другой полагаем равной одному такту. Длительность остановки кабин для входа-выхода пассажиров равняется одному такту. Так же не рассматриваются случаи переполнения кабин.

Считается, что любой пассажир придерживается следующим правилам:

- 1) Для вызова лифта он нажимает на этаже кнопку вызова и ждёт кабину, без ложных и ошибочных вызовов;
- 2) Войдя в кабину, пассажир задаёт ей команду, для чего он нажимает кнопку нужного этажа, который вносится в маршрут данной кабины, без ложных и ошибочных команд.

Простейшим алгоритмом принятия решения является поиск ближайшей кабины к месту вызова. Однако, термин «ближайшая» требует уточнения и рассмотрения примера.

Допустим, есть система из  $k = 2$  кабин, способных перемещаться по  $n = 5$  этажам. Пусть кабины находятся на 1-м и 2-м этажах, первая пуста и находится в покое, а второй предстоит остановки на 3-м и 4-м этажах. Поступает вызов с пятого этажа, и первая кабина получается ближайшей, так как её требуется 4 такта, а второй кабине требуется 5 тактов. Получается дистанция – это количество тактов, которое необходимо кабине, чтобы добраться до этажа, выполняя уже сформированный маршрут (рисунок 1).

Есть и другой подход, который основывается на исключении худших альтерна-

					МД.430200.09.04.04.001-2018.ПЗ	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

тив на основе логического вывода. И если после сокращения допустимых альтернатив их останется несколько, то выбор может быть случайным или основываться на каких-либо критериях. В этом и предыдущих подходах одним из основных критериев является средняя длительность ожиданий.

### 2.1.1 Логическая модель

Выстраивая логическую модель, получаем тройку  $(F, S, V)$ , где  $F$  – это позитивно образованная формула (ПОФ), описывающая состояние лифта и принципы, по которым функционирует лифт,  $S$  – порядок ответов на запросы при логическом выводе,  $V$  – внешние воздействие, в данном случае имитация пассажиропотока. Так же следует отметить, что одними из основных будут предикаты связанные со временем:  $T(t)$  – момент времени  $t$  и  $N(t, t')$  – следующий за  $t$  момент времени  $t'$ .

Основными объектами в данной модели являются кабина  $Cab$  и человек  $Man$ . В момент времени  $t$  кабина имеет вид  $Cab(i, e, S, t)$ , где  $i$  – идентификатор кабины,  $e$  – этаж, а  $S$  – маршрут кабины, список этажей. Человек имеет вид  $Man(e, d, \tau, t)$ , где  $e$  – этаж,  $d$  – целевой этаж, который добавляется в маршрут  $S$  в момент входа человека в кабину и  $d \neq e$ ,  $\tau$  – длительность ожидания человеком кабины. Дистанцией же будет  $Dist(e, S, i, t, \alpha)$ , где  $\alpha$  – это дистанция от кабины  $i$  на этаже  $e$  с маршрутом  $S$ , где произошёл вызов. И связь  $i$  кабины с вызовом с  $e$  этажа  $Conn(i, e)$ .

В каждый момент времени  $t_0$  принятия решения формула  $F$  имеет вид:

$$\exists A(t_0) \left\{ \begin{array}{l} \forall T(t) \exists T(t'), N(t, t'), \\ \Phi \\ \Psi \end{array} \right.$$

$A(t_0)$  – конъюнкт, описывающий состояние системы в момент времени  $t_0$ . Если  $A(t_0)$  содержит  $Man$ , то появление человека необходимо связать с вызовом определённой кабины. И группа формул  $\Phi$  порождает все варианты связи и имитирует движение кабин совместно с формулой времени  $\forall T(t) \exists T(t'), N(t, t')$  для некоторого количества тактов. А за счёт формул  $\Psi$  происходит фильтрация некоторых вари-

антов.

Оставшиеся варианты оцениваются и выбирается один из самых наилучших.

Группа формул  $\Psi$

$$\forall Man(e, d, , t), N(t, t') \exists Dist(e, S_1, 1, t, \alpha_1), \dots,$$

$$Dist(e, S_k, k, t, \alpha_k) \left\{ \begin{array}{l} \exists Conn(1, e) \\ \dots \\ \exists Conn(k, e), \\ \exists Man(e, d, + 1, t') \end{array} \right.$$

– формула вычисляющая дистанцию до каждой кабины при новом появлении человека

$$\forall Cab(i, e, S, t), Conn(i, e'), N(t, t') \left\{ \begin{array}{l} \forall e' < e \exists Cab(i, e - 1, S/e', t') \\ \forall e < e' \exists Cab(i, e + 1, S/e', t') \end{array} \right.$$

$$\forall Cab(i, e, S, t), S = S(e', S_1), N(t, t') \left\{ \begin{array}{l} \forall e = e' \exists Cab(i, e - 1, S_1, t') \\ \forall e' < e \exists Cab(i, e - 1, S, t') \\ \forall e < e' \exists Cab(i, e + 1, S, t') \end{array} \right.$$

$$\forall Cab(i, e, null, t), N(t, t') \exists Cab(i, e, null, t')$$

– формулы реализующие движение, где  $S/e$  является операцией вставки этажа в маршрут.

Группа формул  $\Phi$

Формулы из группы  $\Phi$  реализуют дополнительные ограничения, которые следует учитывать при построении логического вывода. В дальнейших работах они использоваться не будут. Но упомянуть о них крайне необходимо, так как они дают возможность данной модели быть более гибкой к различным ситуациям. А также их добавление в разрабатываемую систему не будет сложной задачей.

Например, вот формула, которая запрещает откладывать связывание вызова лифта человеком более, чем на 4 такта:

$$\forall Man(e, d, 4, t) \exists False$$

Это правило необходимо, в том случае если в модели будет возможна отсрочка принятия решения на вызов лифта.

## Итоги

Таким образом определяется функция F. Её реализация будет выполнена на языке Prolog. Перевод из приведённых выше формул возможен по примеру из теоретической части.

					МД.430200.09.04.04.001-2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

### 3 Моделирование и анализ

В качестве реализации языка Prolog был выбран SWI-Prolog. Это открытая реализация, работающая на Unix, MacOS и Windows. В данной реализации имеются необходимые функционал, а именно предикаты `nb_getval`, `nb_setval` и `nb_current`. Эти предикаты позволяют использовать другие предикаты в качестве глобальных переменных, что позволяет существенно упростить написание правил для вычисления.

В процессе реализации было создано порядка десяти файлов с описанием правил логического вывода общей суммой порядка семиста строк. Такое большое количество правил обусловлено наличием деталей и нюансов. Ниже представлен основной файл, в котором реализована инициализация логического вывода. Данный код иллюстрирует реализацию формулы времени. Благодаря функционалу SWI-Prolog в дальнейшем предикаты отражающие время можно будет указывать в правилах только при необходимости.

Реализации правил `manage_people` и `manage_elevators` вынесены в другие файлы, как как являются весьма громоздкими. `Manage_people` отвечает за внешний фактор (случайное появление нуждающихся в лифте людей). А `manage_elevators` включает в себя формулы движения лифтов.

#### 3.1 Пример работы реализации

Данный пример иллюстрирует работу группы лифтов, где их количество равно 2, в здании с 5 этажами. В ходе работы системы появится два человека в моменты времени  $t_2$  и  $t_4$  на этажах  $e_1$  и  $e_0$ , и у каждого человека целью будет четвёртый этаж  $d_4$ .

Изначально первая кабина находится на первом этаже  $e_0$ , а вторая на втором  $e_1$ . Ниже приведён лог показывающий работу системы:

Изучив выше изложенный журнал, можно увидеть результат, что каждый человек доставлен и ожидание составило не более одной единицы времени.

### 3.2 SimPy

SimPy - это Python фреймворк процессо-ориентированной дискретно-событийной системы моделирования. Его диспетчеры событий основаны на функциях-генераторах Python.

Также они могут использоваться для создания асинхронных сетей или для реализации мультиагентных систем (с как моделируемым, так и реальным взаимодействием).

Процессы в SimPy - это просто Python генераторы, которые используются для моделирования активных компонентов, например, таких как покупатели, транспортные средства или агенты. SymPy также обеспечивает различные виды общих ресурсов для моделирования точек с ограниченной пропускной способностью (например, серверов, касс, тоннелей). Начиная с версии 3.1, SimPy также будет обеспечить возможности мониторинга для помощи в сборе статистических данных о ресурсах и процессах.

SymPy представляет собой открытую библиотеку символьных вычислений на языке Python. Цель SymPy - стать полнофункциональной системой компьютерной алгебры (CAS), при этом сохраняя код максимально понятным и легко расширяемым. SymPy полностью написан на Python и не требует сторонних библиотек.

SimPy можно использовать не только как модуль, но и как отдельную программу. Программа удобна для экспериментов или для обучения. Она использует стандартный терминал IPython, но с уже включенными в нее важными модулями SymPy и определенными переменными x, y, z.

#### 3.2.1 Реализация на SimPy

Данная симуляция системы управления группой лифтов с ограниченным количеством кабин и несколькими людьми, которые приходят для попадания с одного этажа на другой. В данной системе используется ресурс для моделирования ограниченного количества кабин. Он также определяет процесс выбора кабины и перевозку ей человека.



Когда человек появляется рядом с шахтой лифта, он вызывает первую из свободных кабин. Как только он его кабина забирает, время ожидания человека прекращается. Он, наконец, добирается до нужного этажа и уходит.

После старта системы начинается генерация людей, они появляются после случайного интервала времени, пока продолжается симуляция.

При том, что данная программа является многопоточной, стоит отметить тот факт, что здесь используются общие ресурсы. Эти ресурсы могут использоваться для ограничения количества процессов, использующих их одновременно. Процесс должен запрашивать право использования ресурса. Как только право на использование больше не требуется, оно должно быть выпущено. Данная система смоделирована как ресурс с ограниченным количеством кабин. Люди прибывают к кнопке вызова кабины и просят выполнить перевозку на другой этаж. Если все кабины заняты, человек должен ждать, пока один из пассажиров не закончит поездку и не освободит кабину.

### 3.2.2 Пример работы реализации

Данный пример иллюстрирует работу группы лифтов, где их количество равно 2, в здании с 30 этажами. В ходе работы системы появятся люди в случайные моменты времени на случайных этажах этажах, и у каждого человека целью является добраться на другой этаж.

Изначально первая кабина находится на первом этаже  $e_0$ , а вторая на втором  $e_1$ . Ниже приведён лог показывающий работу системы:

Изучив выше изложенный журнал, можно увидеть, что за время симуляции появилось 4 человека, каждый человек доставлен.

### 3.3 Интеллектуальная реализация

Однако, пусть реализация логического вывода на языке Prolog является целесообразной задачей, но для разделения моделируемой системы на логический блок и блок взаимодействия объектов необходима клиент-серверная связка. А реализация сервера или клиента на языке Prolog не является его типовой задачей, что и касается реализации графической составляющей системы моделирования.

Таким образом более целесообразным будет оставить блок взаимодействия объектов реализованными на языке Prolog. Более того, правила описанные для модуляции системы будут использованы для построения решения логическим блоком.

Данный код иллюстрирует реализацию формулы реализующие обход возможных вариантов будущего, сбор статистики с каждого варианта и выбор наиболее подходящего варианта будущего по признаку. в данном случае интересующим признаком является среднее ожидание человеком кабины.

Благодаря функционалу SWI-Prolog предикаты отражающие состояние системы в момент вызова кабины можно будет указывать в правилах только при необходимости.

### 3.3.1 Пример работы реализации

Данный пример иллюстрирует работу группы лифтов, где их количество равно 2, в здании с 5 этажами. В ходе работы системы появится два человека в моменты времени  $t_2$  и  $t_4$  на этажах  $e_1$  и  $e_0$ , и у каждого человека целью будет четвёртый этаж  $d_4$ .

Изначально первая кабина находится на первом этаже  $e_0$ , а вторая на втором  $e_1$ . Ниже приведён лог показывающий работу системы:

Изучив выше изложенный журнал, можно увидеть, что происходит построение дерева формулы и её обход. Для того чтобы было нагляднее следует прокомментировать строку лога.

Первые четыре столбца в логе - это реальное время журналирования момента модуляции. Следующим столбцом идёт связка двух чисел, первое число - это номер процесса, он необходим для идентификации сессии, а второе число показывает момент времени модуляции. Ещё одним столбцом является связка строки и числа, число - это так же момент времени в данной ветки формулы, А строка отражает индекс чанка формулы в момент вывода,  $g$  означает корень выводимой формулы, а дальше через нижнее подчёркивание перечислены индексы кабин, которые участвуют в логическом выводе в данные момент.

### 3.4 Сравнительный анализ

Как было упомянуто выше одним из основных критериев является средняя длительность ожиданий. Так же можно сравнить время выполнения модуляции, объём занимаемой памяти и сложность реализации. Под сложностью мы будем понимать суммарное количество строк кода каждого из проектов.

Сравнив были получены следующие данные.

Среднее время ожидания:

Реальное время выполнения модуляции:

Объём и сложность:

Входе выполнения экспериментов на выполнение модуляций с большими числами не хватило вычислительной мощности оборудования для реализаций на Prolog. Что иллюстрирует потребность в ресурсах у данных подходов к решению задачи.

Но не смотря на провал с большими числами. Третья реализация показала себя лучше, чем остальные.

					МД.430200.09.04.04.001-2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

## Заключение

Несмотря на тот факт, что более сложные решения в управлении лифтовыми группами нуждаются в большом объёме ресурсов, интеллектуальные системы управления позволяют своевременно справляться с пассажиропотоком в среде с быстро меняющимися условиями. А также подобная система позволит учитывать вновь возникшие условия и принципы среды, в которой происходит управление, без существенных изменений в программной реализации, что снижает стоимость поддержки данной системы. Плюс, упрощается процесс разработки сложных алгоритмов управления.

Полученные при программном моделировании результаты показали, что посредством добавления дополнительных условий можно улучшать интересующие показатели, например: среднее время ожидания кабины пассажиром и характеристики построения логического вывода.

Принцип рассмотрения вариантов возможного будущего, позволяет сделать систему управления более гибкой в отношении к особенностям пассажиропотока, зависящими от времени суток или другим временным факторам.

Разработанные программные решения могут быть использованы для моделирования более сложных сред для проведения экспериментов и построения гипотез.

Следующим шагом в развитии данной работы будет разбиение разработанного программного решения на два блока: логический и физический. Где логический блок будет отвечать за принятие решения, а физический блок за физические процессы, протекаемые в построенной модели. После чего можно будет вести разработку двух блоков независимо друг от друга. Что приведёт к использованию новой оптимизированной интеллектуальной системы управления и замене физической модели на реальную систему лифтов.

### Список использованных источников

1. ГОСТ 34.602.89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы. - Введ. 01-01-1990 - М.: Госстандарт России : Изд-во стандартов, 2016. 11 с.
2. ГОСТ 34.601.90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания. - Введ. 01-01-1992 - М.: Госстандарт России : Изд-во стандартов, 2016. 5 с.
3. ГОСТ 34.603.92. Информационная технология. Виды испытаний автоматизированных систем. - Введ. 01-01-1993 - М.: Госстандарт России : Изд-во стандартов, 2016. 5 с.
4. ГОСТ 2.114-95. Единая система конструкторской документации. Технические условия. - Введ. 01-01-1996 - М.: Госстандарт России : Изд-во стандартов, 2016. 12 с.
5. ГОСТ Р 53736-2009. Изделия электронной техники. Порядок создания и постановки на производство. Основные положения. - Введ. 01-01-2011 - М.: Госстандарт России : Изд-во стандартов, 2016. 50 с.
6. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. О введении в действие санитарно-эпидемиологических правил и нормативов. - Введ. 01-01-2003 - М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2017. 6 с.
7. Требования к оформлению текстовой и графической документации. Нормоконтроль. - И.: ИрГУПС, 2017. 46 с.

					МД.430200.09.04.04.001-2018.ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		