

Югорский государственный университет
Институт цифровой экономики
Информатика и вычислительная техника

Отчёт по проекту С
На тему «Модель павильона метро»
Вариант 1

Выполнил:

Грабовский А.С.

Группа: 11916

г. Ханты-Мансийск

2023 г.

Оглавление

Введение3

2. Концептуальная модель реального процесса4

3. Формализация5

4. Компьютерная модель7

5. Эксперименты10

Заключение:20

Список использованных источников21

Введение

Традиционные методы моделирования рассматривают служащих компании, клиентов, продукты, производственные объекты и оборудование как однородные группы, пассивные объекты или как ресурсы в бизнес-процессе. Они не учитывают уникальные свойства и сложные отношения отдельных объектов.

В агентном моделировании нет таких ограничений: метод предлагает сосредоточиться непосредственно на отдельных объектах, их поведении и взаимодействии. По сути, агентная модель — это ряд взаимодействующих объектов, которые отражают собой связи в реальном мире.

В данном проекте рассматривается агентный подход к созданию модели наземного павильона метро. Пассажиропотоки и сервисы станции метро моделируются с помощью Пешеходной библиотеки системы AnyLogic

Эта библиотека моделирует движение пешеходов в физическом пространстве. Она позволяет моделировать здания, в которых движутся пешеходы (станции метро, стадионы, музеи), улицы, парки отдыха и т.д.

В моделях, созданных с помощью Пешеходной библиотеки, пешеходы движутся в непрерывном пространстве, реагируя на различные виды препятствий в виде стен и других пешеходов.

2. Концептуальная модель реального процесса

Пассажиры входят в павильон станции метро через произвольные (случайные) интервалы времени. Внутри павильона расположены турникеты, проверяющие наличие билетов, билетные кассы и платформа отправления. Перед тем, как пройти к поездам метро, пассажиры проходят через турникеты. Те пассажиры, которые не купили билеты заранее, должны будут вначале приобрести их в билетной кассе, и только потом они смогут пройти к поездам.

Проблема состоит в том, что при высокой интенсивности потока пешеходов к билетным кассам и турникетам образуются очереди, которые препятствуют движению в павильоне.

Цель моделирования: анализ движения пешеходов в павильоне метро. Определим следующие задачи:

1. Вычислить среднее время задержки у турникета
2. Вычислить среднее время обслуживания автомата по выдаче билетов
3. Вычислить среднее время пребывания пассажира в павильоне метро
4. Вычислить пропускную способность павильона метро
5. Построить карты плотности пешеходов в павильоне

3. Формализация

Единицей модельного времени являются минуты. Продолжительность эксперимента 1 час (60 минут).

Время между появлениями пассажиров, время обслуживания автомата по выдаче билетов и задержку у турникета будем считать случайной величиной.

Структурно модель будет иметь следующий вид:

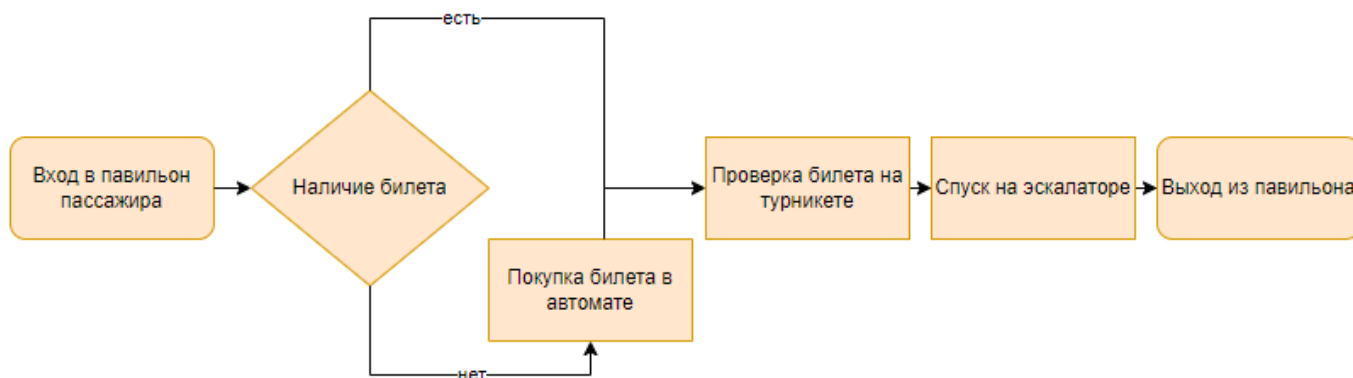


Рисунок 1 — структурно-функциональная схема

Модель имеет следующие входные данные:

Формальное обозначение	Сокращенное обозначение	Полное обозначение	Название
x_1	iS	inflowSource	Интенсивность прибывания пешеходов в единицу времени, количество в час
x_2	fG	fareGates	Турникеты, количество
x_3	atFG	atFareGates	Распределение времени проверки билетов, в секундах
x_4	rP	routePassengers	Доля пассажиров с билетами, коэффициент предпочтения
x_5	tM	ticketMachines	Автоматы по продаже билетов, количество
x_6	atT	atTVM	Время покупки билетов в автомате, в секундах
x_7	Es	Escalator	Эскалаторы, количество
x_8	atEs	atEscalator	Время спуска на эскалаторе, в секундах

Выходные данные включают следующие пункты:

Формальное обозначение	Сокращенное обозначение	Полное обозначение	Название
y_1	aTFG	averageTimeFareGate	Среднее время задержки у турникета
y_2	aTM	averageTimeMachine	Среднее время обслуживания автомата по выдаче билетов
y_3	tAIM	timeArrivalInMetro	Среднее время пребывания пассажира в павильоне метро (с момента входа и до момента выхода на перрон)
y_4	bW	bandWidth	Пропускная способность павильона метро

Табл. 1 — выходные данные эксперимента

4. Компьютерная модель

Компьютерная модель построена в среде AnyLogic. Модель имеет следующий вид:

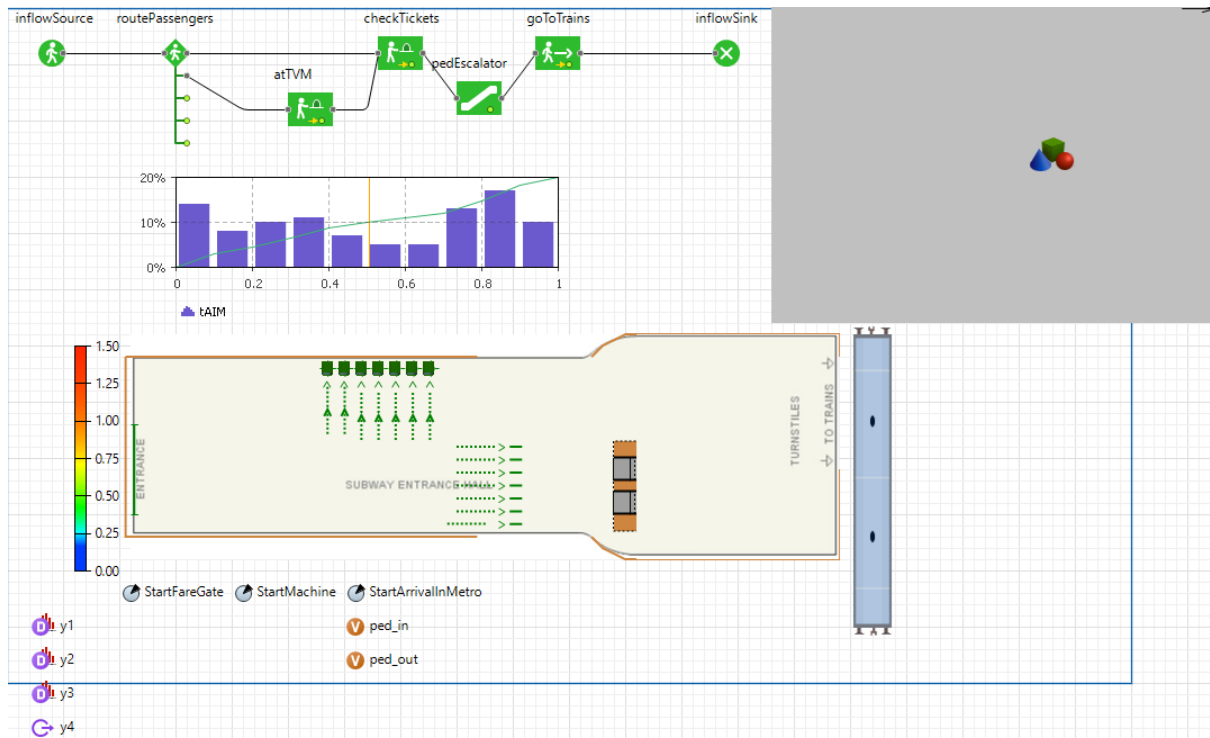


Рисунок 2 — Модель

Начальной точкой схемы, создающей пешеходов через случайные промежутки времени, является блок **inflowSource** (PedSource).

Далее в блоке **routePassengers** (PedSelectOutput) происходит разделение (на тех, кто пойдёт сразу к турникетам и тех, кто в начале купит билеты) потока пешеходов с заданной вероятностью.

Блоки **checkTickets** и **atTVM** (PedService) формируют очереди, в которых пешеходы ждут, пока сервис не будет доступен.

Далее в блоке **PedEscalator**

Блок **goToTrains** (PedGoTo) заставляет пешеходов перейти в заданное место моделируемого пространства, в данном случае в блок **inflowSink** (PedSink), который удаляет поступивших в объект пешеходов из моделируемой среды, является конечной точкой диаграммы пешеходного процесса.

Для вывода значений экспериментов были сделаны следующие действия:

1. Добавлены 3 параметра (показанные на рисунке 3)

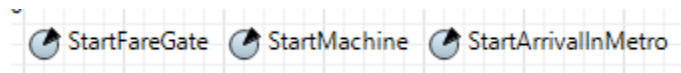


Рисунок 3 — Параметры для расчетов

StartFareGate необходим для нахождения среднего значения у турникетов. StartMachine для среднего времени обслуживания автоматов по выдаче билетов. А StartArrivalInMetro для нахождения среднего времени пребывания пассажира в павильоне метро.

2. 2 переменные (показанные на рисунке 4)

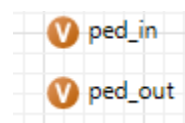


Рисунок 4 — переменные для расчетов

Они служат нам для нахождения пропускной способности павильона метро.

3. Так же были добавлены данные гистограммы и выходное значение которые отображают значения y_x которые указаны в таблице 1.

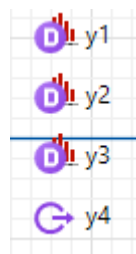


Рисунок 5 — Выходные данные

Также отображается 3D модель:

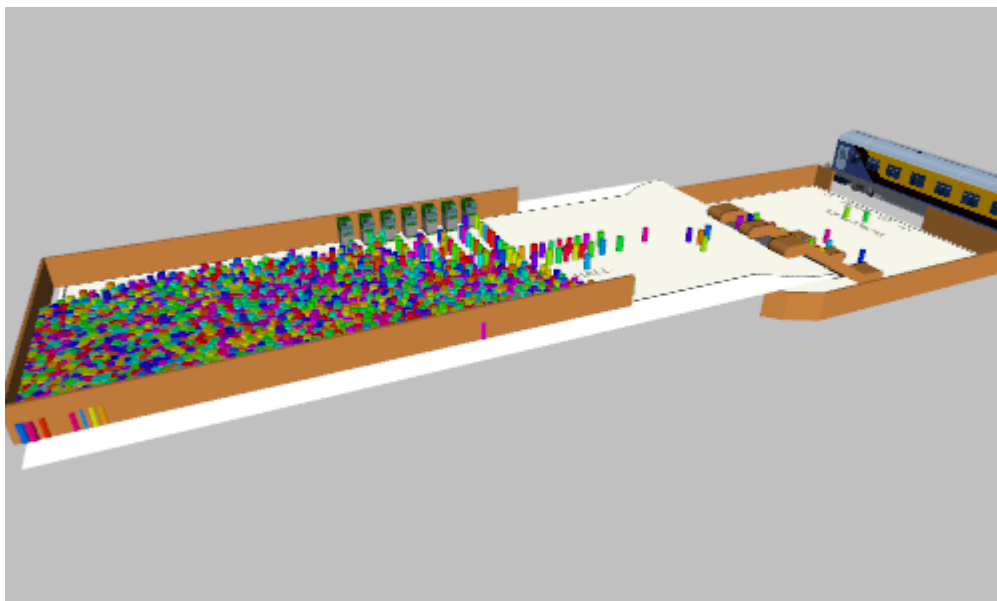


Рисунок 6 — 3D окно

5. Эксперименты

5.1 Эксперимент 1

Задачи:

1. Подсчитать значения выходных данных $Y=(y_1, \dots, y_4)$.
2. Построить гистограмму распределения времени пребывания в системе
3. Построить карту плотности пассажиропотока

Данные эксперимента, согласно варианту 1:

Формальное обозначение	Обозначение	Название	Значение
x_1	iS	Интенсивность прибывания пешеходов в единицу времени, количество в час	4160
x_2	fG	Турникеты, количество	7
x_3	atFG	Распределение времени проверки билетов, в секундах	uniform(2.5, 6.0)
x_4	rP	Доля пассажиров с билетами, коэффициент предпочтения	0.5/0.5
x_5	tM	Автоматы по продаже билетов, количество	7
x_6	atT	Время покупки билетов в автомате, в секундах	triangular(9, 16, 42)
x_7	Es	Эскалаторы, количество	2
x_8	atEs	Время спуска на эскалаторе, в секундах	0.22

Результаты эксперимента:

Формальное обозначение	Обозначение	Название	Значение
y ₁	aTFG	Среднее время задержки у турникета	2.079 сек.
y ₂	aTM	Среднее время обслуживания автомата по выдаче билетов	15.557 сек.
y ₃	tAIM	Среднее время пребывания пассажира в павильоне метро (с момента входа и до момента выхода на перрон)	8.673
y ₄	bW	Пропускная способность павильона метро	57%

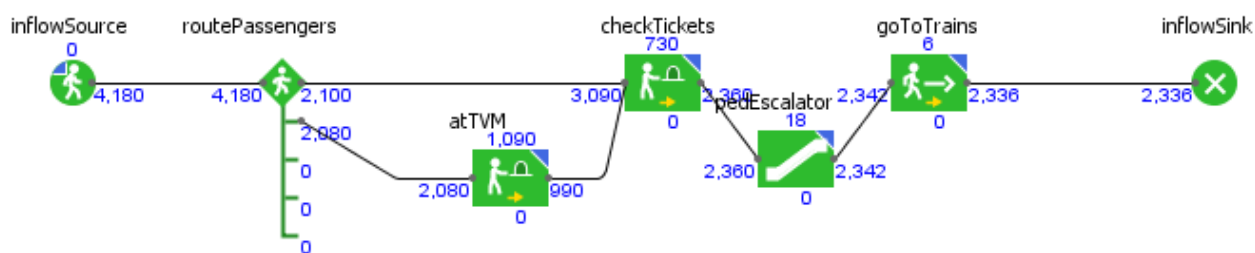


Рисунок 8 — Параметры в AnyLogic

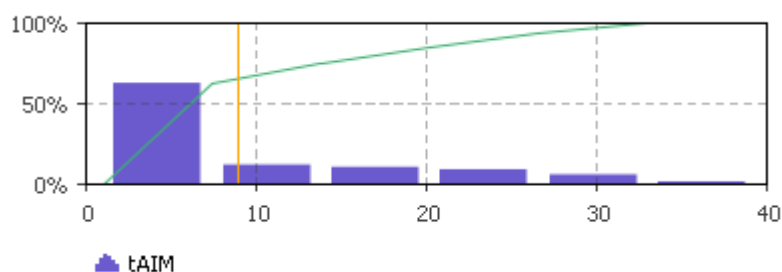


Рисунок 9 — гистограмма распределения времени пребывания в системе

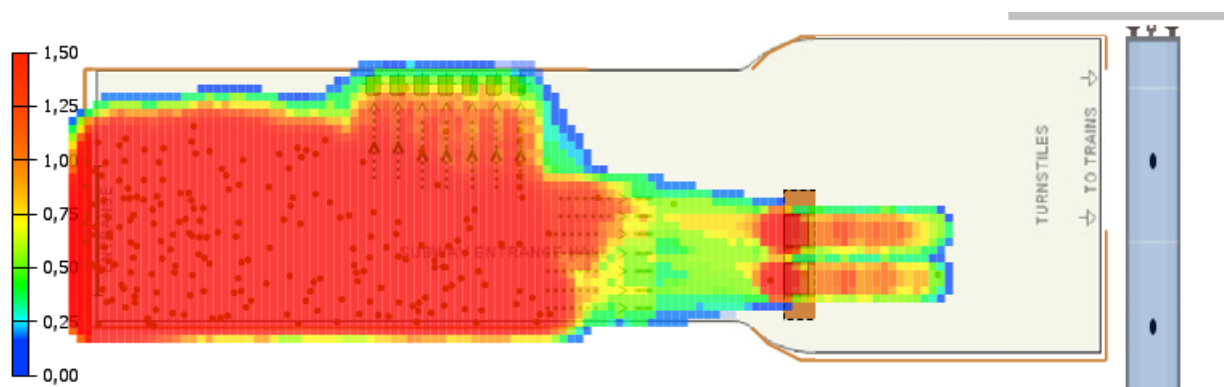


Рисунок 10 — карта плотности пассажиропотока

Вывод: пропускная способность 57%, павильон не успевает пропустить через себя большую часть пассажиропотока. Согласно карте плотности пропускная способность турникетов достаточная, однако на автоматах по продаже билетов и эскалаторах скапливаются очереди, что говорит о их недостаточном количестве.

5.2.1 Эксперимент 2.1

Задачи:

1. Проанализировать, влияние параметра x_5 (кол-во автоматов по продаже билетов) влияет на количество человек в очереди за билетами

Данные эксперимента:

Формальное обозначение	Обозначение	Название	Значение
x_1	iS	Интенсивность прибывания пешеходов в единицу времени, количество в час	4160
x_2	fG	Турникеты, количество	7
x_3	atFG	Распределение времени проверки билетов, в секундах	uniform(2.5, 6.0)
x_4	rP	Доля пассажиров с билетами, коэффициент предпочтения	0.5/0.5
x_5	tM	Автоматы по продаже билетов, количество	2:1:5
x_6	atT	Время покупки билетов в автомате, в секундах	triangular(9, 16, 42)
x_7	Es	Эскалаторы, количество	2
x_8	atEs	Время спуска на эскалаторе, в секундах	0.22

$X_5 = 2$:

Средняя длина очереди — 761

Максимальная длина очереди — 1803

Пропускная способность метро — 26%

Среднее время пребывания в павильоне 9.909

$X_5 = 3$:

Средняя длина очереди — 734

Максимальная длина очереди — 1699

Пропускная способность метро — 30%

Среднее время пребывания в павильоне — 11.236

$X_5 = 4$:

Средняя длина очереди — 636

Максимальная длина очереди — 1506

Пропускная способность метро — 38%

Среднее время пребывания в павильоне — 10.435

$X_5 = 5$:

Средняя длина очереди — 595

Максимальная длина очереди — 1360

Пропускная способность метро — 44%

Среднее время пребывания в павильоне — 10.191

Вывод: с увеличением числа автоматов по продаже билетов уменьшается средняя и максимальная длина очереди. Следовательно, увеличивая кол-во автоматов можно увеличить пропускную способность метро и уменьшить время проведения пассажира в павильоне.

5.2.2 Эксперимент 2.2

Задачи:

1. Проанализировать, влияние параметра x_2 (кол-во турникетов) влияет на количество человек в очереди у турникета

Данные эксперимента:

Формальное обозначение	Обозначение	Название	Значение
x_1	iS	Интенсивность прибывания пешеходов в единицу времени, количество в час	4160
x_2	fG	Турникеты, количество	2:1:6
x_3	atFG	Распределение времени проверки билетов, в секундах	uniform(2.5, 6.0)
x_4	rP	Доля пассажиров с билетами, коэффициент предпочтения	0.5/0.5
x_5	tM	Автоматы по продаже билетов, количество	7
x_6	atT	Время покупки билетов в автомате, в секундах	triangular(9, 16, 42)
x_7	Es	Эскалаторы, количество	2
x_8	atEs	Время спуска на эскалаторе, в секундах	0.22

$X_2 = 2$:

Средняя длина очереди — 865

Максимальная длина очереди — 1827

Пропускная способность метро — 28%

Среднее время пребывания в павильоне — 6.893

$X_2 = 3$:

Средняя длина очереди — 673

Максимальная длина очереди — 1415

Пропускная способность метро — 39%

Среднее время пребывания в павильоне — 14.08

$X_2 = 4$:

Средняя длина очереди — 443

Максимальная длина очереди — 925

Пропускная способность метро — 51%

Среднее время пребывания в павильоне — 11.437

$X_2 = 5$:

Средняя длина очереди — 297

Максимальная длина очереди — 750

Пропускная способность метро — 56%

Среднее время пребывания в павильоне — 9.905

$X_2 = 6$:

Средняя длина очереди — 243

Максимальная длина очереди — 797

Пропускная способность метро — 54%

Среднее время пребывания в павильоне — 9.053

Вывод: с увеличением числа турникетов уменьшается средняя и максимальная длина очереди. Следовательно, увеличивая кол-во турникетов можно увеличить пропускную способность метро и уменьшить время проведения пассажира в павильоне. Кол-во турникетов оказывает большее влияние, чем кол-во автоматов по продаже билетов, что ожидаемо, поскольку часть пассажиров идёт напрямую к турникету.

5.3.1 Эксперимент 3.1

Определить значение параметров x_5 (кол-во автоматов по продаже билетов) и x_6 (время покупки билетов в автомате), при которых значение y_2 (среднее время обслуживания автомата по выдаче билетов) будет равно 17.2.

Входные параметры модели:

The image shows two screenshots of a software interface for configuring a pedestrian service model.

The top screenshot is titled "atTVM - PedService". It contains the following settings:

- Имя: atTVM. There are checkboxes for "Отображать имя" (checked) and "Исключить" (unchecked).
- Сервисы: A list box containing "ticketMachines".
- Выбирается очередь: A dropdown menu showing "Самая короткая очередь".
- Время задержки: A text box containing "triangular(7.5, 15, 40)" and a unit dropdown set to "секунды".
- Задержка на восстановление: A text box containing "0.0" and a unit dropdown set to "секунды".
- Проходить в обратном направлении: A checkbox that is unchecked.

The bottom screenshot is titled "ticketMachines - Сервис с очередями". It contains the following settings:

- Имя: ticketMachines. There are checkboxes for "Исключить" (unchecked) and "Отображается на верхнем уровне" (checked).
- Блокировать: A checkbox that is unchecked.
- Видимость: A toggle switch set to "да".
- Этаж: A dropdown menu showing "ground".
- Кол-во сервисов: A spinner box set to 6.
- Кол-во очередей: A spinner box set to 6.
- Тип очереди: Radio buttons for "Линия" (selected) and "Змейка".
- Тип сервиса: Radio buttons for "Точечный" (selected) and "Линейный".
- Кол-во обратных очередей: A spinner box set to 0.
- Обслуживать пешеходов из: A group of radio buttons with "Ближайшей очереди" selected. Other options include "Самой длинной очереди", "Ближайшей непустой очереди", "Следующей очереди (по порядку)", "Очереди с приоритетом", and "Очередь задается пользователем".

Рис. 3 — Параметры

Вывод: Среднее время обслуживания автомата по выдаче билетов достигает 17.2 при $x_5 = 6$ и $x_6 = \text{triangular}(7.5, 15, 40)$.

5.3.2 Эксперимент 3.2

Определить значение параметров x_2 (кол-во турникетов) и x_3 (время проверки билетов), при которых значение y_1 (среднее время задержки у турникета) будет равно 2.5

Входные параметры модели:

The screenshot displays two configuration panels from a simulation software. The top panel, titled 'checkTickets - PedService', includes settings for the service name ('checkTickets'), visibility (checked), services ('fareGates'), queue selection ('Самая короткая очередь'), delay distribution ('uniform(2.749, 5.9)' in seconds), recovery delay ('0.0' in seconds), and a checkbox for reverse direction. The bottom panel, titled 'fareGates - Сервис с очередями', includes settings for the service name ('fareGates'), visibility (checked), blocking (unchecked), visibility toggle (set to 'да'), floor ('ground'), number of services (6), number of queues (6), queue type ('Линия'), service type ('Линейный'), two-way service (unchecked), number of reverse queues (0), waiting for pedestrian (unchecked), and service selection rules (set to 'Ближайшей очереди').

checkTickets - PedService

Имя: checkTickets ☒ Отображать имя ☐ Исключить

Сервисы: fareGates

Выбирается очереди: Самая короткая очередь

Время задержки: uniform(2.749, 5.9) секунды

Задержка на восстановление: 0.0 секунды

Проходить в обратном направлении: ☐

fareGates - Сервис с очередями

Имя: fareGates ☐ Исключить ☒ Отображается на верхнем уровне

☐ Блокировать

Видимость: да

Этаж: ground

Кол-во сервисов: 6

Кол-во очередей: 6

Тип очереди: ☒ Линия ☐ Змейка

Тип сервиса: ☐ Точечный ☒ Линейный

☐ Двухнаправленный

Кол-во обратных очередей: 0

☐ Ждать, пока пешеход не покинет сервис

Обслуживать пешеходов из: ☒ Самой длинной очереди ☒ Ближайшей очереди ☐ Ближайшей непустой очереди ☐ Следующей очереди (по порядку) ☐ Очереди с приоритетом ☐ Очередь задается пользователем

Рис. 4— Параметры

Вывод: среднее время задержки у турникета достигает 2.5 при $x_2 = 6$ и $x_3 = \text{uniform}(2.749, 5.9)$.

5.3.3 Эксперимент 3.3

Определить значение параметров x_3 (время проверки билетов) и x_6 (время покупки билетов в автомате), при которых значение y_3 (среднее время пребывания в павильоне) будет равно 20

Входные параметры модели:

The image shows two configuration panels for a simulation model. The top panel is titled "atTVM - PedService" and the bottom panel is titled "checkTickets - PedService". Both panels have a similar layout with fields for name, services, queue selection, delay distribution, recovery delay, and a checkbox for reverse direction.

atTVM - PedService

- Имя: atTVM ☒ Отображать имя ☐ Исключить
- Сервисы: ticketMachines
- Выбирается очередь: Самая короткая очередь
- Время задержки: triangular(49, 50, 51) секунды
- Задержка на восстановление: 0.0 секунды
- Проходить в обратном направлении: ☐

checkTickets - PedService

- Имя: checkTickets ☒ Отображать имя ☐ Исключить
- Сервисы: fareGates
- Выбирается очередь: Самая короткая очередь
- Время задержки: uniform(29, 30) секунды
- Задержка на восстановление: 0.0 секунды
- Проходить в обратном направлении: ☐

Рис. 10— Параметры

Вывод: среднее время пребывания в павильоне достигает 20 при $x_3 = \text{uniform}(29, 30)$ и $x_6 = \text{triangular}(49, 50, 51)$.

Заключение:

Проведён анализ движения пешеходов в павильоне метро.

Выявлена зависимость между пропускной способностью метро и количеством турникетов и автоматов по продаже билетов. При их увеличении пропускная способность улучшается. При этом количество турникетов оказывает большее влияние.

Помимо этого, пропускная способность зависит от времени проверки билетов и времени покупки билетов в автомате. При их увеличении увеличивается время пребывания пассажира в павильоне и следовательно уменьшается пропускная способность.

Список использованных источников

1. Help - AnyLogic Simulation Software [Электронный ресурс] (режим доступа: <https://help.anylogic.ru/>)
2. Курс: Алгоритмы и моделирование (3-я часть) (09.03.01_3 курс) [Электронный ресурс] (режим доступа: https://eluniver.ugrasu.ru/pluginfile.php/293509/mod_resource/content/1/Проект%20С%20Модель%20павильона%20метро.pdf)
3. Агентное моделирование — Википедия [Электронный ресурс] (режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Агентное_моделирование)