УДК 004.9

РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ МОДЕЛИ СТРОИТЕЛЬНОЙ СЕТИ МАГАЗИНОВ С ПОМОЩЬЮ СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ VISUAL STUDIO

Журавлев А.А., Рубин О.И., Аксенов К.А.

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, e-mail: SanyaProgrammer2503@gmail.com, olegrubin97@gmail.com, k.a.aksenov@urfu.ru

Роль моделирования в жизни современного человека достаточна велика. С помощью него можно предсказать последствия той или иной деятельности, строить конкретные планы на будущее, а также принимать взвешенные решения. В данной статье разработана модель строительной сети магазинов, занимающейся доставкой товаров со склада в определенный город (Екатеринбург, Каменск-Уральский, Нижний Тагил). Водители доставляют товар с помощью грузовиков. Для разработанной модели проведена серия экспериментов, в которых количество грузовиков изменялось от 16 до 20. Для каждой серии экспериментов вычислены следующие показатели: 1) процент выполненных заказов (отношение количества выполненных заказов к числу поступивших *100%); 2) средняя загрузка одного грузовика (среднее арифметическое загрузок); 3) суммарный заработок водителей; 4) средний заработок одного водителя за дневную смену в течение времени моделирования; 5) средний заработок водителя за ночную смену в течение времени моделирования. Определено оптимальное количество грузовиков, т.е. число грузовых автомобилей, при котором строительная сеть магазинов имеет наилучшие показатели (процент выполненных заказов и суммарный заработок водителей); данное значение равняется 20.

Ключевые слова: разработка, анализ, модель, строительная сеть магазинов, Visual Studio

DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF THE MODEL OF THE CONSTRUCTION STORE NETWORK USING THE VISUAL STUDIO DEVELOPMENT ENVIRONMENT

Zhuravlev A.A., Rubin O.I., Aksenov K.A.

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, e-mail: SanyaProgrammer2503@gmail.com, olegrubin97@gmail.com, k.a.aksenov@urfu.ru

Now the role of modeling in the life of a modern person is quite large. With it, you can predict the consequences of a particular activity, make specific plans for the future, and make informed decisions. In this article, the model of the construction chain of stories has been developed, that delivers goods from a warehouse to the particular city (Yekaterinburg, Kamensk-Uralsky, Nizhny Tagil). Drivers deliver goods using trucks. For the developed model, a series of experiments, in which the number of trucks was changed from 16 to 20, was carried out. For each series of experiments, the following indicators were calculated: 1) the percentage of orders completed (the ratio of the number of completed orders to the number of received orders * 100%); 2) the average load of one truck (arithmetic mean of the load); 3) the total earning of drivers; 4) the average earning of one driver per day shift during the simulation period; 5) average driver's earnings per night shift during the simulation time. The optimal number of trucks has been determined, i. e. the number of trucks at which the construction chain of stores has the best performance (percentage of completed orders and the total earnings of drivers); this value is 20.

Keywords: development, analysis, model, construction store network, Visual Studio

Роль моделирования в жизни современного человека достаточно велика. С помощью него можно предсказать последствия той или иной деятельности, строить конкретные планы на будущее, а также принимать взвешенные решения.

В статье будет выполнено моделирование работы строительной сети магазинов (представлено в разделе «Описание строительной сети магазинов») с помощью среды разработки Visual Studio. Также для данной модели будет проведена серия экспериментов. Более подробно задачи статьи представлены в разделе «Постановка задачи».

Тема данной работы актуальна, потому что при моделировании процессов можно

получить примерные результаты работы той или иной сферы деятельности.

Цель работы: провести анализ модели строительной сети магазинов, разработанной с помощью Visual Studio. В качестве изменяющейся величины будет взято количество грузовиков, осуществляющих доставку товара. Данное количество будет варьироваться от 16 до 20. С помощью выполненных экспериментов определить оптимальное количество грузовиков, необходимых для доставки товара (т.е. такое количество, при котором компания имеет наилучшие показатели).

В качестве материала исследования выступает строительная сеть магазинов, занимающаяся доставкой товаров со склада.

В статье используется эмпирический метод исследования, поскольку основными источниками результатов являются эксперимент и моделирование.

Описание строительной сети магазинов

Данные для строительной компании сформированы авторами статьи.

Характеристики магазинов, в которые поставляется товар, представлены в табл. 1.

В автопарке базы имеется 20 машин средней грузоподъемности. После появления заявки на товар на базе автомобиль едет за товаром на базу. В модели предусмотрено изменять скорость движения автомобилей.

Весь товар находится на пяти складах. Тяжелый негабарит на первом и втором складе, тяжелые европаллеты на третьем, сантехника на четвертом, легкие европаллеты на пятом.

После того как грузовик подъехал на парковку к складу, к нему подходит кладовщик и закрепляет за машиной автопогрузчик, после загрузки товаром автомобиля кладовщик выдает накладную водителю. Этап погрузки происходит следующим образом: имеется 2 грузчика, они могут загружать одновременно 2 средних грузовика (склад имеет 2 поста погрузки). Время загрузки машины 1 ч.

Весь товар загружается по следующим правилам:

- a) сперва тяжелый негабарит (не больше 8 листов);
- б) сантехника, не больше 2 ванн в один автомобиль;
 - в) европаллеты, не больше 200 кг;
 - г) легкие европаллеты, не больше 100 кг;

Допустимые варианты сочетаний для загрузки грузовика: a + 4r; a + 2b; 2b + 4r; 6 + 2b; 6 + 4r; 8r; 4b; a + 6 + b; a + 6 + 2r. Согласно статистике обработки заказов заказ от одного магазина разбивают на два рейса одной машины.

Если автомобиль приехал, а грузчики еще не освободились, то грузовик становится в очередь на парковку рядом со складом.

Раз в несколько дней на склады приезжает КамАЗ и загружает склады товаром.

При этом КамАЗ перекрывает полностью склад (оба поста) на 3 часа, средние грузовики в это время не могут подъехать к складу и загружаться.

У машин и грузчиков 12-часовой рабочий день. После того как машины загрузились на складе, они везут товары в магазины и возвращаются обратно на базу (если остались позиции в заявке от магазина).

Постановка задачи

Моделировать процесс снабжения сети строительных магазинов в дневную (с 8 утра до 8 вечера) и ночную (с 8 вечера до 8 утра) смены в течение недели, с учетом того, что средняя скорость движения в ночное время увеличивается с 40 км/ч до 55 км/ч, а стоимость часа водителя и грузчика в ночное время увеличивается на 25% с базовой ставки 800 руб/ч.

Выполнить эксперимент, в котором количество грузовиков изменяется от 16 до 20. Для каждого эксперимента определить:

- 1) процент выполненных заказов (отношение количества выполненных заказов к числу поступивших *100%);
- 2) среднюю загрузку одного грузовика (отношение времени, которое грузовик тратит на переезды и загрузку/выгрузку товара, к общему времени моделирования *100%);
 - 3) суммарный заработок водителей;
- 4) средний заработок одного водителя за дневную смену в течение времени моделирования;
- 5) средний заработок водителя за ночную смену в течение времени моделирования.

Результаты указанных показателей в случае необходимости округлить до сотых.

На основе проведенных экспериментов определить оптимальное количество грузовиков, которое должно находиться в автопарке, т.е. количество автомобилей, при котором компания имеет наилучший процент выполненных заданий.

Разработка модели строительной сети магазинов

Для решения данной задачи использовалась среда Visual Studio [1, 2].

Таблица 1

Характеристики магазинов, в которые поставляется товар

Город	Екатеринбург	Каменск-Уральский	Нижний Тагил	Спутники г. Екатеринбурга
Количество магазинов	7	4	5	4
Периодичность заказов	2	4	4	3
Расстояние до магазинов	20–40 км	135–145 км	140–150 км	20–40 км

Модель состоит из следующих классов, являющихся объектами взаимодействия для исходной строительной сети магазинов: 1) Магазин. Код представлен ниже. using System; namespace BuildCompanyModel public class Shop public int L { get; set; } //Расстояние до магазина protected Random rnd = new Random(); //Рандомное число public Order order { get; set; } //Заказ //Конструктор класса public Shop(int a, int b) L = rnd.Next(a, b); } //Сделать заказ public void MakeAnOrder(Order order) this.order = order; } //Название города public virtual string CityName() return ""; } 2) Склад. using System; using System.Collections.Generic; using System.Text; namespace BuildCompanyModel public class Warehouse public int quantity = 0; public virtual void Add(int numberToAdd) public virtual void Subtract(int numberToSubtract) } } 3) Водитель. namespace BuildCompanyModel public class Driver public bool isBusy { get; set; } //Занят ли водитель public Order order { get; set; } //Заказ public bool isDayShift { get; set; } //Работает ли водитель в дневную смену //Конструктор public Driver(bool isDayShift) this.isDayShift = isDayShift;

isBusy = false;

}

```
//Получить заказ
        public void GetAnOrder(Order order)
            isBusy = true;
            order.isAccepted = true;
            this.order = order;
      //Выполнить заказ
        public void CompleteAnOrder()
            isBusy = false;
        }
    }
   Грузовик (машина).
namespace BuildCompanyModel
    public class Car
        public bool isLoad { get; set; }
        public Car()
            isLoad = false;
    }
}
```

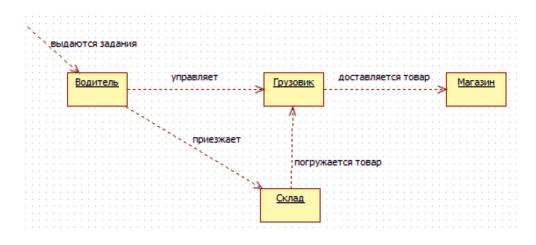


Рис. 1. Взаимосвязь элементов модели

Водители разделяются на тех, кто работает в дневную смену, и тех, кто работает в ночную смену. В зависимости от смены водителя изменяются средняя скорость перевозки товара (40 км/ч в дневную смену, 55 км/ч — в ночную смену), а также ставка одного часа работы (800 рублей — днем, 1000 рублей — ночью).

Время моделирования процесса снабжения строительных магазинов равно одной неделе (168 ч). За этот период водители выполняют заказы по следующему принципу:

 сначала водители получают заказ, после чего отправляются на склад и загружают автомобиль необходимым материалом (процесс загрузки машины составляет 1 час, всего у склада свободно два поста);

- далее водители перевозят товар в магазины, от которых поступили заказы;
- когда водитель возвращается обратно на базу компании, он становится свободным и может приступить к выполнению нового заказа, иначе он считается занятым и не способен выполнять какое-либо задание.

Взаимодействие водителей, грузовиков, складов и магазинов представлено на рис. 1 [3, 4].

Также в течение недели на склад приезжает грузовик (КамАЗ), который перекрывает оба поста склада на 3 ч. Результат моделирования для 20 грузовиков приведен на рис. 2—4.

Анализ модели строительной сети магазинов

Проведена серия экспериментов, в которых изменяется количество грузовиков от 16 до 20, всего пять экспериментов [5, 6].

Для каждого эксперимента оценены следующие показатели:

- 1) процент выполненных заказов;
- 2) средняя загрузка одного грузовика;
- 3) суммарный заработок водителей;
- 4) средний заработок одного водителя за дневную смену в течение времени моделирования;

```
1-й час недели
16-й водитель получает заказ
Состав заказа: Тяжелый негабарит, Сантехника не больше 2 ванн и Европалета не больше 200 кг
Город: Екатеринбург

8-й водитель получает заказ
Состав заказа: Легкий европалет не больше 100 кг
Город: Екатеринбург

2-й час недели
18-й водитель получает заказ
Состав заказа: Европалета не больше 200 кг и Легкий европалет не больше 100 кг
Город: Каменск-Уральский

4-й водитель получает заказ
Состав заказа: Тяжелый негабарит и Европалета не больше 200 кг
Город: Нижний Тагил
```

Рис. 2. Начало моделирования для 20 грузовиков

```
71-й час недели
Камаз выгружает товар!
74-й час недели
12-й водитель получает заказ
Состав заказа: Тяжелый негабарит и Легкий европалет не больше 100 кг
Город: Екатеринбург
16-й водитель получает заказ
Состав заказа: Тяжелый негабарит, Сантехника не больше 2 ванн и Европалета не больше 200 кг
Город: Екатеринбург
4-й водитель закончил заказ
```

Рис. 3. Момент, когда КамАЗ выгружает товар на складе

```
167-й час недели
4-й водитель получает заказ
Состав заказа: Европалета не больше 200 кг
Город: Нижний Тагил

20-й водитель получает заказ
Состав заказа: Европалета не больше 200 кг
Город: Екатеринбург

168-й час недели
18-й водитель получает заказ
Состав заказа: Тяжелый негабарит и Европалета не больше 200 кг
Город: Нижний Тагил

10-й водитель получает заказ
Состав заказа: Сантехника не больше 2 ванн и Европалета не больше 200 кг
Город: Екатеринбург
```

Рис. 4. Окончание моделирования для 20 грузовиков

Таблица 2

Результаты экспериментов

Количество	Процент вы-	Средняя за-	Суммарный	Средний заработок	Средний заработок
грузовиков	полненных	грузка одного	заработок во-	водителей за днев-	водителей за ноч-
	заданий	грузовика,%	дителей, руб.	ную смену, руб.	ную смену, руб.
16	95,34	18,28	540400	28760	37350
17	95,65	17,86	570400	31022,22	39000
18	96,06	17,56	592000	34422,22	39444,44
19	96,58	17,11	628000	33760	40444,44
20	97,26	16,79	652800	36800	35600

5) средний заработок водителя за ночную смену в течение времени моделирования.

Результаты экспериментов представлены в табл. 2.

Процент выполненных заданий вычисляется следующим образом:

$$c = \sum_{i=1}^{N} c_i / c_{\text{обш}} *100\%, \tag{1}$$

где c — процент выполненных заданий, c_i — количество выполненных заданий i-м агентом, $c_{\text{обум}}$ — общее количество поступивших заданий, N — количество заданий.

Средняя загрузка одного грузовика вычисляется по следующей формуле:

$$t_{\rm cp} = \sum_{i=1}^{N} t_i / N / T *100\%,$$
 (2)

где $t_{\rm cp}$ — средняя загрузка одного грузовика, t_i — общая загрузка i-го грузовика (часы), N — количество грузовиков, T — период моделирования (168 ч).

Суммарный заработок вычисляется как сумма заработков всех водителей за время моделирования. Средние заработки за дневную и ночную смену вычисляются как суммарный заработок всех водителей за соответствующий период, разделенный на количество водителей.

Вышеуказанные показатели вычислены для серии экспериментов, в которой количество грузовиков варьируется от 16 до 20.

В табл. 2 представлены результаты вычислений характеристик. Показатели округлены с точностью до сотых.

Как видно из табл. 2, наилучший процент выполненных (98,26%) заданий и суммарный заработок водителей (652800) достигается при 20 грузовых автомобилях. Следовательно, 20 грузовиков в автопарке

является оптимальным количеством для моделируемой строительной компании.

Заключение

В данной статье разработана модель строительной сети магазинов с помощью Visual Studio в соответствии с условиями задания. Время моделирования процесса снабжения строительных магазинов равняется одной недели (168 часов).

Для каждого водителя модели вычислен заработок за неделю, количество выполненных заказов за этот же период, а также средняя загруженность каждого автомобиля (отношение времени, которое грузовик тратит на переезды и загрузку/выгрузку товара, к общему времени моделирования *100%). Проведена серия экспериментов для 16–20 грузовиков, в которых рассчитывались различные показатели. Из экспериментов выявлено, что оптимальное количество автомобилей равняется 20, поскольку при нем достигается наилучший процент выполненных заданий и суммарный заработок водителей.

Список литературы

- 1. Документация по Visual Studio. Добро пожаловать в интегрированную среду разработки Visual Studio. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.microsoft.com/ru-ru/visualstudio/get-started/visual-studio-ide?view=vs-2019 (дата обращения: 15.10.2020).
- 2. Волкова В.Н., Горелова Г.В., Козлов В.Н. Моделирование систем и процессов. М.: Изд-во Юрайт, 2015. 449 с.
- 3. Гагарина Л.Г., Колдаев В.Д. Алгоритмы и структуры данных: учеб. пособие. М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2009. $304\ c$.
- 4. Клейнберг Дж., Тардос Е. Алгоритмы: разработка и применение. Классика Computers Science / Пер. с англ. Е. Матвеева. СПб.: Питер, 2016. 800 с.
- 5. Бхаргава А. Грокаем алгоритмы. Иллюстрированное пособие для программистов и любопытствующих. СПб.: Питер, 2017. 288 с.
- 6. Лафоре Р. Структуры данных и алгоритмы в Java. Классика Computers Science. 2-е изд. СПб.: Питер, 2013. 704 с