

УДК 656.025.6

ВЕРЕМЕЕНКО Е.Г.

Ростовский государственный строительный университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ ПРИ ЕГО ПРИБЫТИИ НА ЗЕРНОВОЙ ТЕРМИНАЛ

В статье рассмотрена работа автомобильного транспорта на зерновом терминале при внедрении управляющей системы. Построена имитационная модель работы терминала, которая наглядно отображает экономию времени от внедрения системы управления, по сравнению со случайным или поочередным выбором каждого пункта обслуживания. Управление заключается в осознанном выборе системой той секции, которая в данный момент свободна или по расчетам освободиться ранее других.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, зерновой терминал, имитационное моделирование, распределение Пуассона.

Постановка проблемы

Ростовская область является одним из крупнейших регионов уборки и экспорта зерновых культур. Отгрузка на экспорт зерна и продуктов его переработки осуществляется преимущественно через порты. За 2015 год из Ростовской области – отгружено 239,3 тыс. тонн зерновых культур, в том числе пшеницы – 158,61 тыс. тонн. В порт зерно попадает чаще всего с использованием автомобильного транспорта.

Уборка зерновых культур носит сезонный характер. Из-за этого возникает серьезная проблема для транспортной сети региона. В ограниченное время значительное количество автомобилей-зерновозов прибывают в порт, с целью выгрузки зерна. Это создает повышенную нагрузку на внутригородские дороги и федеральные трассы [1]. Автомобили выстраиваются в очереди, полностью блокируя полосу движения.

Анализ последних исследований и публикаций

Имитационное моделирование часто используется для отображения результатов управляющего воздействия человека на работу системы. В данной статье на примере реальных данных работы зернового терминала показано сокращение времени ожидания обслуживания автомобилей в результате внедрения системы регулирования.

Цель статьи

Построить имитационную модель системы управления автомобильным транспортом при его прибытии на зерновой терминал. Применение данной модели на практике должно значительно сократить очереди из автомобилей, прибывших на терминал с целью выгрузки зерна.

Основной раздел

Организация работы зернового терминала не предполагает наличие системы оперативного регулирования подвода автомобилей к пунктам их обработки. В результате возникают простои автомобилей у одних пунктов обработки, в то время как другие пункты свободны.

Для того чтобы подобную систему внедрить, необходима покупка оборудования, позволяющего собирать, хранить и передавать информацию о состоянии пунктов обработки транспортных средств, продолжительности операций и т.д. Сама система управления также требует разработки, с учетом особенностей работы каждого конкретного терминала, и постоянной отладки в процессе работы [2].

Произведем расчет, в результате которого станет ясно оправдано внедрение системы управления автомобилями на зерновом терминале или нет [3].

Автомобильный транспорт работает 24 часа в сутки. При прибытии на зерновой терминал грузовой автомобиль следует в пункт экспресс-анализа зерна. Там осуществляется забор пробы зерна для определения массовой доли белка, влаги, клейковины и других показателей позволяющих установить, к какому классу относится образец. Затем автомобиль отправляется в пункт разгрузки.

На рассматриваемом терминале имеется два пункта экспресс-анализа зерна и два разгрузочных пункта.

По данным статистических исследований было установлено, что прибытие автомобилей на зерновой терминал носит случайный характер и описывается законом Пуассона (интенсивность $\lambda_a = 3$ автомобиля в час).

Колебания продолжительности экспресс-анализа и разгрузки описываются нормальным законом распределения. Параметры для экспресс-анализа: математическое ожидание $\overline{t_{за}} = 20$ мин, среднее квадратичное отклонение $\sigma_{за} = 7$ мин; для операции выгрузки зерна: математическое ожидание $\overline{t_{выг}} = 30$ мин, среднее квадратичное отклонение $\sigma_{выг} = 7$ мин.

Простои автомобилей в ожидании обработки носят вероятностный характер. Следовательно, для получения наиболее точных результатов нам необходимо построение имитационной модели работы терминала.

Поток автомобилей, прибывающих на терминал, носит случайный характер и описывается распределением Пуассона [3]. Следовательно, интервал между прибывающими автомобилями можно рассчитать по формуле:

$$I_i = -\frac{1}{\lambda_a} \ln R_i, \quad (1)$$

где R_i – случайное равномерно распределенное число, в интервале от 0 до 1;

I_i – интервал между последовательно прибывающими автомобилями.

Для определения продолжительности операций экспресс-анализа и выгрузки зерна воспользуемся формулами (2) и (3) соответственно.

$$t_{за1} = \overline{t_{за}} + R_{HS} * \sigma_{за}, \quad (2)$$

где $t_{за1}$ – время проведения экспресс-анализа для первого автомобиля,

R_{HS} – нормальное случайное отклонение, произвольно взятое из таблицы «Нормальные нормированные случайные отклонения R_{HS} ».

$$t_{выг1} = \overline{t_{выг}} + R_{HS} * \sigma_{выг}, \quad (3)$$

где $t_{выг1}$ – время проведения операции выгрузки для первого автомобиля.

Регулирование в данном случае мы понимаем как указание каждому транспортному средству, к какой секции экспресс-анализа или пункту выгрузки ему направляться. [4]

Для придания расчетам наглядности сравним общее время простоев автомобилей на терминале при следующих допущениях:

– водитель самостоятельно выбирает, к какой секции ему следовать (случайный выбор);

- система поочередно отправляет автомобили к первой и второй секциям (поочередный выбор);
- система направляет транспортное средство к той секции, которая в данный момент свободна или освободиться ранее других (регулирование).

Результаты расчетов, моделирующих работу автомобильного транспорта на зерновом терминале за сутки, представлены в таблице 1.

Для моделирования случайного выбора мы пользовались следующей схемой действий: генерируем таблицу случайных равномерно распределенных чисел от 0 до 1; так как на складе две секции, то при попадании случайного числа в интервал от 0 до 0,5 автомобиль направляется к первому пункту, а в случае попадания случайного числа в интервал от 0,5 до 1, автомобиль едет к пункту 2.

Проанализируем данные, полученные в таблице 1. Итоговые значения, позволяющие оценить экономию времени от внедрения системы регулирования, представим в таблице 2.

Выводы

В результате построения имитационной модели работы зернового терминала наглядно видна разница во времени ожидания автомобилями обслуживания. [5] Сравним время ожидания при случайном выборе автомобилем пункта обслуживания и время ожидания при регулировании. Экономия времени при внедрении системы регулирования составляет 7439 минут (123 часа) за каждые сутки. Если же сравнивать поочередный выбор пунктов обслуживания и систему регулирования, то экономия составит 72 минуты в сутки. Уменьшение очереди из ожидающих обслуживания автомобилей очевидно.

Список литературы

1. Зырянов В.В., Кочерга В.Г., Фефилова А.А. Применение моделей выбора маршрута движения при прогнозировании распределения транспортных потоков на проектируемой дорожной сети Актуальные вопросы проектирования автомобильных дорог // Сборник научных трудов ОАО ГИПРОДОРНИИ. 2013. № 4 (63). С. 33-40.
2. Кочерга В.Г., Зырянов В.В., Хачатурян А.В. Планирование и организация грузовых автомобильных перевозок на улично-дорожной сети мегаполисов // «Инженерный вестник Дона», 2012, Т. 20. № 2. с. 737-741.
3. Правдин Н.В., Негрей В.Я., Подкопаев В. Взаимодействие различных видов транспорта: (примеры и расчеты) – М.: Транспорт, 1989. – 208 с.
4. Миротин Л.Б., Гудков В.А., Зырянов В.В и др. Управление грузовыми потоками в транспортно-логистических системах [Текст]: Монография / Л.Б. Миротин, В.А. Гудков, В.В. Зырянов и др. – Москва: Горячая линия – Телеком, 2010. – 704 с.
5. Зырянов В.В. Методы оценки адекватности результатов моделирования // Инженерный вестник Дона. 2013. Т. 25. № 2 (25). с. 132.

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
22	0,401859	18	5	58	1	2	1	-1,264	11	0			0	0		1	2	1	-0,125	29	14			21	27	
23	0,464235	15	6	13	1	1	2	-2,092	5	0		0			0	2	1	2	-0,187	29		85	50		44	
24	0,265801	27	6	40	1	2	1	-1,447	10	0			0	0		1	2	1	-1,746	18	2			9	15	
25	0,882635	2	6	42	2	1	2	0,018	20		0	0			0	2	1	1	0,766	35		70	35		21	
26	0,846437	3	6	45	2	2	1	-1,445	10		17		5	5		2	2	2	1,736	42		95	17		31	
27	0,645953	9	6	54	1	1	1	0,002	20	0		8		6		1	1	1	-0,639	26	0		50		38	
28	0,643832	9	7	3	2	2	2	0,576	24		9		0	0		0	2	2	-1,423	20	4		32		46	
29	0,535513	21	7	24	1	1	1	0,108	21	0		0		0		1	1	1	1,463	40	15		53		29	
30	0,409101	18	7	42	1	2	2	0,233	22	3			0		0	2	2	2	0,558	34		82	15		29	
31	0,907543	2	7	44	2	1	1	-1,239	11		0	1		1		2	1	1	-1,657	18		128	82		68	
32	0,913957	2	7	46	2	2	1	-0,928	14		9		18	10		2	2	2	0,113	31		132	35		57	
33	0,534417	13	7	59	1	1	2	-0,67	15	8		0			5	2	1	1	-0,108	29		150	82		63	
34	0,854956	3	8	2	2	2	1	0,643	25		7		16	8		2	2	2	0,228	32		167	41		63	
35	0,482346	15	8	17	2	1	2	2,503	38		17	0			2	2	1	1	0,852	36		161	70		54	
36	0,982486	0	8	17	1	2	1	0,895	26	5			26	18		1	2	2	0,09	31	24			47	69	
37	0,270184	26	8	43	2	1	2	-0,07	20		29	12			14	2	1	1	-0,043	30		177	86		70	
38	0,932091	1	8	44	1	2	1	0,891	26	4			25	17		2	2	2	-1,092	22		225	52		74	
39	0,037996	65	9	49	2	1	2	1,17	28		0	0			0	2	1	1	1,287	39		184	54		40	
40	0,658434	8	9	57	2	2	1	0,13	21		20		0	0		2	2	2	1,125	38		202	31		45	
41	0,811833	4	10	1	1	1	2	0,591	24	0		16			16	2	1	1	1,711	42		253	69		55	
42	0,10473	45	10	46	2	2	1	-0,487	17		0		0	0		2	2	2	-0,659	25		257	24		38	
43	0,230883	29	11	15	1	1	2	-1,048	13	0		0			0	2	1	2	-0,213	29		257	64		38	
44	0,184172	34	11	49	1	2	1	0,984	27	0			0	0		1	2	1	-0,291	28	0			0	2	
45	0,916571	2	11	51	1	1	2	1,217	29	25		0			0	2	1	2	0,665	35		209	41		15	
46	0,032425	69	13	0	2	2	1	-1,008	13		0		0	0		1	2	1	1,194	38	0		0	0	0	
47	0,350771	21	13	21	1	1	2	-0,596	16	0		0			0	2	1	2	0,453	33		192	0		0	
48	0,709105	7	13	28	2	2	1	-0,315	18		0		0	0		2	2	1	-0,241	28		216	5	5	5	
49	0,432566	17	13	45	1	1	2	-1,441	10	0		0			0	1	1	2	0,563	34	0		15		15	
50	0,824567	4	13	49	1	2	1	-0,413	17	6		6			6	1	1	1	-1,516	19	0		30	13	13	
51	0,981183	0	13	49	1	1	2	-0,149	19	23			0	0		2	2	2	-1,272	21	0		0	24		
52	0,219395	30	14	19	1	2	1	0,526	24	12			0	0		2	2	2	-0,726	25		194	0		1	
53	0,694603	7	14	26	2	1	2	-0,027	20		0	0			0	2	1	1	1,788	43		228	19		13	
54	0,813115	4	14	30	2	2	1	-0,154	19		16		13	13		2	2	2	-0,192	29		252	6		7	
55	0,233427	29	14	59	1	1	2	2,537	38	0		0			0	1	1	2	0,602	34	0		11		1	
56	0,099975	46	15	45	2	2	1	0,132	21		0		0	0		2	2	1	-0,76	25		220	0		0	
57	0,285123	25	16	10	2	1	2	0,265	22		0	0			0	2	1	2	-1,95	16		219	0		0	
58	0,753362	6	16	16	2	2	1	-0,539	16		16		0	0		2	2	1	-0,273	28		219	0		0	



Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
59	0,775486	5	16	21	2	1	2	-0,957	13		27	11			11	2	1	2	-0,414	27		234	3			3	
60	0,221468	30	16	51	1	2	1	-0,654	15	0			0	0		2	2	1	-1,25	21		256		0	0	0	
61	0,641368	9	17	0	2	1	2	-0,337	18		1	0			0	1	1	2	-0,428	27	0		0			0	
62	0,32359	23	17	23	2	2	1	-0,871	14		0		0	0		1	2	1	0,055	30	9			0	0	0	
63	0,584668	11	17	34	1	1	2	0,335	22	0		0			0	1	1	2	0,362	33	20		0			0	
64	0,914883	2	17	36	2	2	1	1,076	28		1		1	1		2	2	1	-0,792	24		218		2	2	2	
65	0,619671	10	17	46	1	1	2	0,277	22	10		10			10	2	1	2	-0,759	25		229	11			11	
66	0,352454	21	18	7	1	2	1	0,97	27	11			0	0		1	2	1	-1,373	20	4			0	0	0	
67	0,852937	3	18	10	2	1	2	1,61	31		0	8			8	2	1	2	-0,543	26		231	5			5	
68	0,908242	2	18	12	1	2	1	-0,154	19	33			22	22		1	2	1	0,235	32	5			1	1	1	
69	0,999489	0	18	12	2	1	2	0,533	24		29	37			37	1	1	2	-0,052	30	36			7		7	
70	0,415344	18	18	30	1	2	1	1,357	29	34			23	23		2	2	1	0,175	31		205		4	4	4	
71	0,319464	23	18	53	1	1	2	1,537	31	40		20			20	1	1	2	-1,071	23	7		6			6	
72	0,987798	0	18	53	2	2	1	-1,201	12		12		29	29		2	2	1	0,032	30		252		23	23	23	
73	0,74484	6	18	59	2	1	1	-0,385	17		18	45		35		1	1	2	0,593	34	60		12			22	
74	0,897346	2	19	1	2	2	2	-1,043	13		33		33		43	1	2	1	-0,837	24	81			40	30	22	
75	0,012846	87	20	28	2	1	1	0,155	21		0	0		0		1	1	2	-1,008	23	45		0			0	
76	0,825353	4	20	32	1	2	2	0,802	26	0			0		0	2	2	1	0,334	32		181		0	0	0	
77	0,920583	2	20	34	2	1	1	-0,821	14		15	15		15		2	1	2	0,166	31		208	9			9	
78	0,95393	1	20	35	1	2	2	1,339	29	23			23		23	2	2	1	-0,746	25		215		3	3	3	
79	0,235647	29	21	4	2	1	1	-0,162	19		0	0		0		1	1	2	1,13	38	32		20			20	
80	0,828462	4	21	8	2	2	1	-2,238	4		15		19	15		1	2	1	-0,463	27	66			24	28	28	
81	0,950335	1	21	9	1	1	2	-1,367	10	18		14			18	2	1	2	1,062	37		230	48			44	
82	0,130416	41	21	50	1	2	1	-0,903	14	0			0	0		1	2	1	0,446	33	56			18	18	18	
83	0,38025	19	22	9	1	1	2	-0,34	18	0			0		0	2	1	1	-1,241	21		217	31			28	
84	0,646062	9	22	18	2	2	1	0,205	21		0		0	0		2	2	2	0,64	34		226		16		19	
85	0,496253	14	22	32	2	1	2	-1,342	11		7	0			0	1	1	1	-1,025	23	43		36		33	33	
86	0,747669	6	22	38	1	2	1	-0,792	14	0			1	1		2	2	2	1,847	43		247		36		39	
Сумма										296	468	246	267	229	237							685	8207	1188	588	836	915

Суммарное время ожидания при различных схемах выбора автомобилем пунктов обслуживания

Показатель	Случайный выбор автомобилем пункта обслуживания	Поочередный выбор автомобилем пункта обслуживания	Выбор пункта системой регулирования
Время ожидания автомобилем экспресс-анализа, мин	764	513	466
Время ожидания выгрузки, мин	8892	1776	1751
Суммарное время ожидания, мин	9656	2289	2217

Веремєєнко О.Г. Моделювання системи управління автомобільним транспортом при його прибутті на зерновій термінал.

Анотація. У статті розглянута робота автомобільного транспорту на зерновому терміналі при впровадженні керуючої системи. Побудовано імітаційну модель роботи терміналу, яка наочно відображає економію часу від впровадження системи управління, в порівнянні з випадковим або почерговим вибором кожного пункту обслуговування. Управління полягає в усвідомленому виборі системою тієї секції, яка в даний момент вільна або за розрахунками звільниться раніше інших.

Ключові слова: автомобільний транспорт, зерновий термінал, імітаційне моделювання, розподіл Пуассона.

Veremeyenko E.G. Simulation of the control system by road when arriving at the grain terminal.

Annotation. The article describes the work of road transport at the grain terminal in the implementation of the management system. It built a simulation model of the terminal, which clearly displays the time savings from the introduction of a control system, compared with random or alternate choice of each item of service. Management is the deliberate choice of the section of the system, which is currently vacant or estimated free earlier than others.

Keywords: road transport, grain terminal, simulation, Poisson distribution.

Стаття надійшла до редакції 25.03.2015 р.