

6-1-2020

APPLICATION OF THE VOLTERRA TRAY MODEL IN SOLVING THE PROBLEMS OF OPTIMIZING THE SUPPLY OF GRAIN ELEVATORS BY WAGONS

Nazirjhon Mukarramovich Aripov

Tashkent Institute of Railway Engineers, Tashkent, 100167, Uzbekistan

Daurenbek Ixtiyarovich Ilesaliev

Tashkent Institute of Railway Engineers, Tashkent, 100167, Uzbekistan, ilesaliev@mail.ru

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/tashiit>



Part of the [Transportation Engineering Commons](#)

Recommended Citation

Aripov, Nazirjhon Mukarramovich and Ilesaliev, Daurenbek Ixtiyarovich (2020) "APPLICATION OF THE VOLTERRA TRAY MODEL IN SOLVING THE PROBLEMS OF OPTIMIZING THE SUPPLY OF GRAIN ELEVATORS BY WAGONS," *Journal of Tashkent Institute of Railway Engineers*: Vol. 16 : Iss. 2 , Article 26. Available at: <https://uzjournals.edu.uz/tashiit/vol16/iss2/26>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Journal of Tashkent Institute of Railway Engineers by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

УДК (UDC) 656.073.235

APPLICATION OF THE VOLTERRA TRAY MODEL IN SOLVING THE PROBLEMS OF OPTIMIZING THE SUPPLY OF GRAIN ELEVATORS BY WAGONS

Арипов Н.М., Илесалиев Д.И.
Aripov N.M., Ilesaliev D.I.

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта
(Ташкент, Узбекистан)
Tashkent institute of railway transport engineers (Tashkent, Uzbekistan)

Abstract: Ensuring uniform supply of wagons for loading and unloading of goods is one of the main tasks of the transport process. Existing methods for solving the issues of ensuring the rhythmicity of the supply of wagons for loading grain often do not allow us to identify the causes of the technological shortage of wagons. In this regard, in the framework of this work, the aim of the study is to increase the efficiency of the organization of providing grain elevators with wagons using models.

Key words: railway station, driveway, rolling stock, grain loading, loaded wagon, empty wagon, grain elevators, Lotka-Volterra model, predator – prey model.

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ ЛОТКИ-ВОЛЬТЕРРА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВАГОНАМИ ЗЕРНОЭЛЕВАТОРОВ

Аннотация: Обеспечение равномерных подач вагонов под погрузку-разгрузку грузов – один из основных задач транспортного процесса. Существующие методы решения в вопросах обеспечения ритмичности подач вагонов под погрузку зерна зачастую не позволяют выявить причины технологического дефицита вагонов. В связи с этим в рамках данной работы целью исследования является повышение эффективности организации обеспечения зерноэлеваторов вагонами с использованием моделей Лотки-Вольтерра.

Ключевые слова: железнодорожная станция, подъездный путь, подвижной состав, погрузка зерна, груженный вагон, порожний вагон, зерноэлеватор, модель Лотки-Вольтерра, модель «хищник – жертва».

Введение. Модель Лотки-Вольтерра получила огромную популярность и зачастую её называют моделью «хищник – жертва» [1-2]. Данную модель можно использовать при изучении взаимодействия двух систем (железная дорога и зерноэлеваторы), учитывая при этом влияния сезонности, наличие и изменения запаса зерна в силосах и т.п. Например, в пиковые периоды сбора урожая зерна, взаимодействия двух систем происходит согласно классическому уравнению Лотки-Вольтерра, а в остальное время имеет место простой подвижного состава. Учёт этих факторов приводит к усложнению классической модели, что приводит к появлению дополнительных слагаемых [1-8]. Актуальность и практическая данного исследования состоит в том, что модели могут описывать взаимодействия железной дороги с элеватором.

1. Моделирование взаимодействия транспортных процессов на основе классической модели Лотки-Вольтерра. Модель на основе уравнений Лотки – Вольтера находит применение не только в природе, но также часто используется при моделировании экономических и технических систем [1-3].

Во взаимоотношениях двух состояний вагонов «порожние» и «груженные», между которыми ведется противостояние, можно применить математическую модель «хищник-

жертва», а за параметры – количественные показатели качественных характеристик вагонооборота.

Поступления порожних зерновозов N обеспечиваются запасами зерна на элеваторе, которые характеризуются величиной E . Грузеные зерновозы отправляются исключительно после погрузки зерна с отпускных бункеров, и динамика отправки грузеных зерновозов зависит от количества прибывающих под погрузку порожних вагонов. Иногда, имеет место прибытие неисправных порожних вагонов, что сокращает возможность по отгрузке зерна. В логарифмическом виде взаимодействие двух состояний вагонов можно описать следующим образом.

$$\begin{cases} \frac{dN}{dt} = aN - bNP; \\ \frac{dP}{dt} = -cP + dPN, \end{cases} \quad (1)$$

где $N(t)$ – количество порожних зерновозов в момент времени t , ожидающие подачу из станции на пути элеватора, ваг; $P(t)$ – количество грузеных зерновозов после загрузки зерна в момент времени t , ваг; a – коэффициент поступления порожних зерновозов на погрузку; b – коэффициент влияния грузеных зерновозов на скорость поступления порожних; c – коэффициент уменьшения грузеных зерновозов; d – коэффициент влияния порожних зерновозов на скорость убыли грузеных вагонов.

Система уравнений основана на следующих допущениях:

- при отсутствии зерна на элеваторе для отгрузки железнодорожным транспортом порожние зерновозы простаивают в ожидании погрузки согласно уравнению

$$\frac{dN}{dt} = aN;$$

- при отсутствии порожних вагонов на рынке имеет место дефицит зерна согласно уравнению $\frac{dP}{dt} = -dP$;

- слагаемые, пропорциональные произведению NP рассматриваются как результат погрузки зерна в вагоны, и состоят в уменьшении скорости поступления вагонов под погрузку на величину, пропорциональную запасу зерна в элеваторе.

При заданном начальном соотношении количества порожних вагонов 20 к грузеным вагонам 18, зададим коэффициенты, характеризующие поступления вагонов на подъездной путь элеватора, а затем на участок погрузки, имеющую размерность 1/сут: $a=0,15$; $b=0,015$; $c=0,15$; $d=0,02$. Используем для решения системы (1) средством автоматизацией математических расчётов *Mathcad 15*. В результате получен фазовый портрет системы (см. рисунок 1). На рисунке 1 приведено графическое описание, который носит циклический характер с координатами (N, P) , движущееся вдоль замкнутой фазовой траектории вокруг точки равновесия, положение, которого естественно зависит от параметров модели.

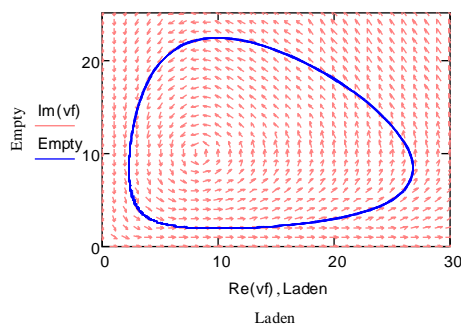


Рисунок 1. Фазовый портрет системы при классической модели

На рисунке 1 видно, что при заданном начальном соотношении количества порожних вагонов к груженым вагонам 15:10, процесс повторяется вновь, как на рисунке 1. Интервал по оси абсцисс можно построить в любом временном диапазоне. Необходимо отметить, что неэллиптичность формы траектории, охватывающий центр, отражает негармонический характер колебаний. Таким образом, транспортный процесс повторяется вновь (см. рисунок 2).

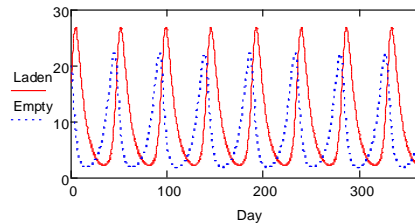


Рисунок 2. График динамики изменения поступления груженных и отправления порожних вагонов

Из графика (см. рисунок 2) видно, что вагонооборот элеватора не является равномерным и представляет собой результат решения рассматриваемого объекта.

4. Моделирование взаимодействия транспортных процессов на основе модели Лотки-Вольтерра с логистической поправкой. Зачастую в транспортных процессах имеет место «конкуренции» между типами вагонов. Чтобы это учесть, классическую модель можно расширить путём добавления слагаемых, учитывающих «конкуренции» между типами вагонов:

$$\begin{cases} \frac{dN}{dt} = aN - bNP - eN^2; \\ \frac{dP}{dt} = -cP + dPN - fP^2, \end{cases} \quad (2)$$

где e и f – соответственно, коэффициенты, характеризующие убывание количества порожних и груженных вагонов вследствие «конкуренции» между типами вагонов.

В этом случае транспортный процесс меняется в зависимости от величины и знака параметра e . При заданном начальном соотношении количества порожних вагонов к груженым вагонам, зададим дополнительно коэффициенты $e=0,001$ и $f=0,001$. На рисунке 3 приведен фазовый портрет зависимости количества порожних вагонов от количества груженных вагонов.

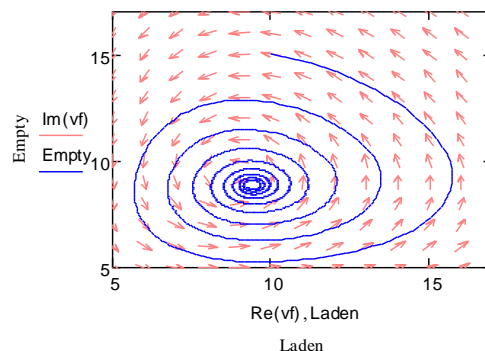


Рисунок 3. Фазовый портрет системы с логистической поправкой

На рисунке 4 график изображает изменение количества порожних и груженных вагонов с течением времени (год). Рисунок 4 характеризует влияние «конкуренции» между типами вагонов, которая приводит после затухающих колебаний.

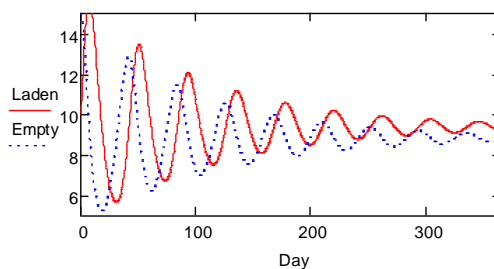


Рисунок 4. График динамики изменения поступления груженых и отправления порожних вагонов

При отрицательном значении коэффициента e ($e=-0,001$) стационарная точка не устойчива (см. рисунок 5), а амплитуда колебаний количества порожних и груженых вагонов растёт (см. рисунок 6).

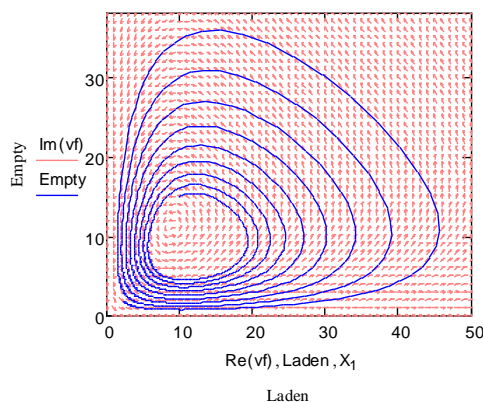


Рисунок 5. Фазовый портрет системы с логистической поправкой $e=0,001$

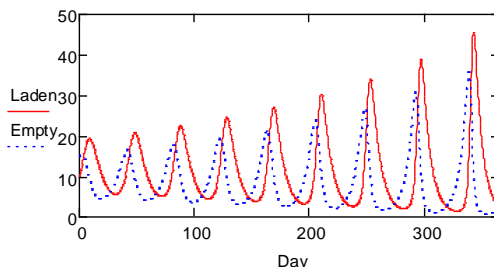


Рисунок 6. График динамики изменения поступления груженых и отправления порожних вагонов

Модели дают возможность исследовать циклические изменения количества вагонов, часто наблюдаемые в транспортном процессе.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие основные выводы:

1. Анализ прибытия и отправления вагонов показывает первоначальную несбалансированность между поступлением порожних вагонов и потребным количеством подвижного состава.

2. Для реализации задачи исследования математической модели, описывающей передвижения вагонов на подъездных путях элеватора, получен фазовый портрет системы решения, которое соответствует значениям параметров и начальным условиям задачи.

3. Методом направленного перебора найдены рациональные значения параметров системы, при которых вид фазового портрета характеризуется семейством эллиптических фигур. Такой вид фазового портрета соответствует обеспечению устойчивой работы элеватора.

Литература

1. Туранов Х.Т. Математическое моделирование движения грузовых вагонов на подъездных путях предприятия / Х.Т. Туранов, Н.П. Чуев, О.Ю. Портнова // Наука и техника транспорта. – 2013. – № 1. – С. 26-42.
2. Туранов Х.Т. Построение дифференциальной модели движения подвижного состава на путях необщего пользования / Х.Т. Туранов, Н.П. Чуев // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2012. – № 7. – С. 13-18.
3. Galiano, G., & Velasco, J. (2011). Competing through altering the environment: A cross-diffusion population model coupled to transport–Darcy flow equations. *Nonlinear Analysis: Real World Applications*, 12(5), 2826–2838. doi:10.1016/j.nonrwa.2011.04.009
4. Maheshwari, P., Khaddar, R., Kachroo, P., & Paz, A. (2014). Dynamic Modeling of Performance Indices for Planning of Sustainable Transportation Systems. *Networks and Spatial Economics*, 16(1), 371–393. doi:10.1007/s11067-014-9238-6
5. Wang, Y., & Yan, M. (2011). The Competition of Highway and Railway in the Passenger Transport Corridor Based on Simulink Simulation. 2011 International Conference on Management and Service Science. doi:10.1109/icmss.2011.5998212
6. Zhang, W., & Lam, J. S. L. (2013). Maritime cluster evolution based on symbiosis theory and Lotka–Volterra model. *Maritime Policy & Management*, 40(2), 161–176. doi:10.1080/03088839.2012.757375
7. Qi, Y., Lu, G., Zeng, L., & Huang, Y. (2009). Research on the Effect of Rail Transit on Transportation Hub Based on Lotka–Volterra Model. *Logistics*. doi:10.1061/40996(330)667
8. Yin-ping, Z., & Ji-tao, S. (2000). Persistence in a three species Lotka–Volterra nonperiodic predator–prey system. *Applied Mathematics and Mechanics*, 21(8), 879–884. doi:10.1007/bf02428356

References

1. Turanov Kh.T. Mathematical modeling of the movement of freight cars on the access roads of the enterprise / Kh.T. Turanov, N.P. Chuev, O. Yu. Portnova // Science and technology of transport. - 2013. - No. 1. - S. 26-42.
2. Turanov Kh.T. Construction of a differential model of rolling stock movement on non-public tracks / Kh.T. Turanov, N.P. Chuev // Transport: science, technology, management. Scientific information collection. - 2012. - No. 7. - S. 13-18.
3. Galiano, G., & Velasco, J. (2011). Competing through altering the environment: A cross-diffusion population model coupled to transport – Darcy flow equations. *Nonlinear Analysis: Real World Applications*, 12 (5), 2826-2838. doi: 10.1016 / j.nonrwa.2011.04.009
4. Maheshwari, P., Khaddar, R., Kachroo, P., & Paz, A. (2014). Dynamic Modeling of Performance Indices for Planning of Sustainable Transportation Systems. *Networks and Spatial Economics*, 16 (1), 371-393. doi: 10.1007 / s11067-014-9238-6
5. Wang, Y., & Yan, M. (2011). The Competition of Highway and Railway in the Passenger Transport Corridor Based on Simulink Simulation. 2011 International Conference on Management and Service Science. doi: 10.1109 / icmss.2011.5998212
6. Zhang, W., & Lam, J. S. L. (2013). Maritime cluster evolution based on symbiosis theory and Lotka – Volterra model. *Maritime Policy & Management*, 40 (2), 161-176. doi: 10.1080 / 03088839.2012.757375
7. Qi, Y., Lu, G., Zeng, L., & Huang, Y. (2009). Research on the Effect of Rail Transit on Transportation Hub Based on Lotka–Volterra Model. *Logistics*. doi: 10.1061 / 40996 (330) 667
8. Yin-ping, Z., & Ji-tao, S. (2000). Persistence in a three species Lotka–Volterra nonperiodic predator–prey system. *Applied Mathematics and Mechanics*, 21 (8), 879–884. doi: 10.1007 / bf02428356

Сведения об авторах / Information about the authors

Арипов Назиржон Мукаррамович – доктор техн. наук, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте», Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта (ТашИИТ). Тел.: +998909331093

Илесалиев Дауренбек Ихтиярович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспортная логистика и сервис», Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта (ТашИИТ). Тел.: +998-97-754-41-99, e-mail: ilesaliev@mail.ru

Aripov Nazirjhon Mukarramovich – Doctor tech. sciences, professor department «Automation and telemechanics in railway transport», Tashkent institute of railway engineering (TIRE), Phone: +998909331093

Ilesaliev Daurenbek Ihtiyarovich – Ph.D. in Engineering, department «Transport logistics and service», Tashkent institute of railway engineering (TIRE), Phone:+998-97-754-41-99, *e-mail:* ilesaliev@mail.ru