



**Имитационная модель  
отказоустойчивости  
логистического терминала  
тарно-штучных грузов**

**Joint Project: Capacity Building in  
the Field of Higher Education  
ERASMUS+ 2018**

**Crisis and Risks  
Engineering for  
Transport Services**

**доктор техн. наук,  
профессор  
МАЦЮК  
Вячеслав Иванович**



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

**Мариуполь, 2021**



## Имитационная модель логистического терминала тарно-штучных грузов



### Постановка задачи.

Разработать комплексную, оптимизационную математическую модель отказоустойчивости технологического процесса транзитного терминала тарно-штучных грузов.

Учесть максимально-возможное количество технологических параметров.

### Критерий оптимизации.

Приемлемый уровень отказоустойчивости всей транспортно-технологической системы.



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

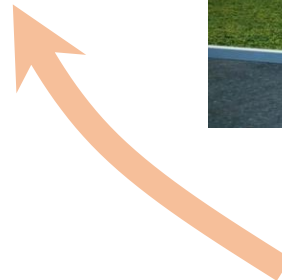


## Имитационная модель логистического терминала тарно-штучных грузов



### Анализ технологического процесса:

- прибытие груза – автомобильным транспортом;
- отправление груза – железнодорожным транспортом;
- хранение груза – система стеллажей;
- выгрузка и погрузка выполняется объединённым парком погрузчиков.





## Имитационная модель логистического терминала тарно-штучных грузов



### Теоретическое обоснование оптимизационной модели.

Одним из ключевых показателей эффективности функционирования логистических систем является приемлемый уровень отказоустойчивости. Плановая продуктивность терминала должна обеспечиваться на максимально-возможном уровне, при условии рационального использовании производственных ресурсов. Тогда целевой оптимизационной функцией будет выступать продуктивность терминала.

$$\Pi = f_{\text{пр}}(a_1, \dots, a_n) \rightarrow \max.$$

где  $a_1, \dots, a_n$  - набор параметров технологического процесса тарно-штучных грузов.





## Имитационная модель логистического терминала тарно-штучных грузов



Учитывая то, что отказоустойчивость систем характеризуется вероятностью отказа, критерием отказоустойчивости терминала тарно-штучных грузов будет выступать максимально-возможная (критическая) загрузка (использование) емкостей терминала, которая зависит от тех-же технологических параметров:

$$\xi_{max} = f_{отк}(a_1, \dots, a_n) \leq \xi_{крит}.$$

Использование существующих производственных ресурсов должно быть оптимальным, а значит их степень использования (загрузка) должна быть в границах:

$$\begin{aligned} \xi_p &\leq \varphi_{ст.}(a_1, \dots, a_n) \leq \xi_H; \\ \xi_p &\leq \varphi_{погр.}(a_1, \dots, a_n) \leq \xi_H, \end{aligned}$$

где  $\varphi_{ст.}$  - средняя загрузка стеллажей;

$\varphi_{погр.}$  - средняя загрузка погрузчиков;

$\xi_p$  - предел рационального использования выбранного производственного ресурса;

$\xi_H$  - предел отказоустойчивости использования выбранного производственного ресурса.





## Имитационная модель логистического терминала тарно-штучных грузов



Оптимизационная модель отказоустойчивости технологического процесса транзитного терминала тарно-штучных грузов будет иметь вид:

$$\Pi = f_{\text{пр}}(a_1, \dots, a_n) \rightarrow \max,$$

при ограничениях:

$$\begin{cases} \xi_{\max} = f_{\text{отк}}(a_1, \dots, a_n) \leq \xi_{\text{крит}}, \\ \xi_p \leq \varphi_{\text{ст.}}(a_1, \dots, a_n) \leq \xi_n, \\ \xi_p \leq \varphi_{\text{погр.}}(a_1, \dots, a_n) \leq \xi_n. \end{cases}$$



Поскольку целевая функция имеет значительный набор параметров и представлена в неявном виде, решение возможно только посредством разработки и реализации имитационной модели.





## Имитационная модель логистического терминала тарно-штучных грузов



Имитационную модель разработано в среде **AnyLogic Resercher**.

Разработка имитационной модели основана на дискретно-событийном и агентном принципах.



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

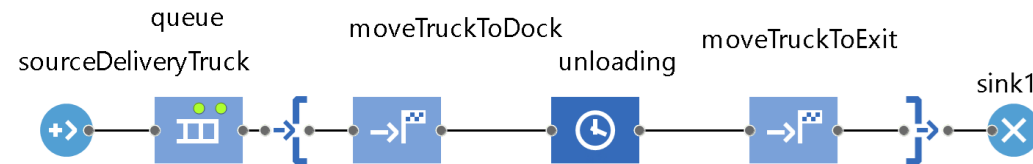


# Имитационная модель логистического терминала тарно-штучных грузов



Имитация, главным образом, представляет собой взаимодействие трёх подпроцессов:

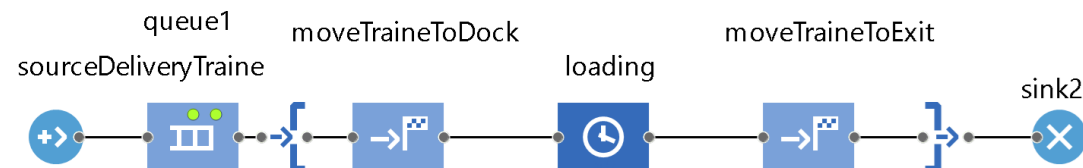
1. Прибытие паллет автотранспортом и их (машин) выгрузка:



2. Процесс выгрузки паллет из машин, складирование паллет на стеллажи и последующая загрузка паллет в железнодорожные вагоны автопогрузчиками:



3. Загрузка паллет в железнодорожные вагоны:







## Имитационная модель логистического терминала тарно-штучных грузов



При моделировании учтены параметры:

**основные:**

- интенсивность входного потока автомашин, вместимость автомашин (паллет);
- интенсивность прибытия вагонов, вместимость вагонов (паллет);
- расчетная вместимость стеллажей терминала (паллет);
- расчётный парк автопогрузчиков.

дополнительные:

- распределение интенсивности входного и исходящего потоков транспортных средств;
- средняя скорость передвижения автопогрузчиков по территории терминала;
- скорость подъёма и опускания вил при укладке паллет на стеллажи;
- расписание работы склада.

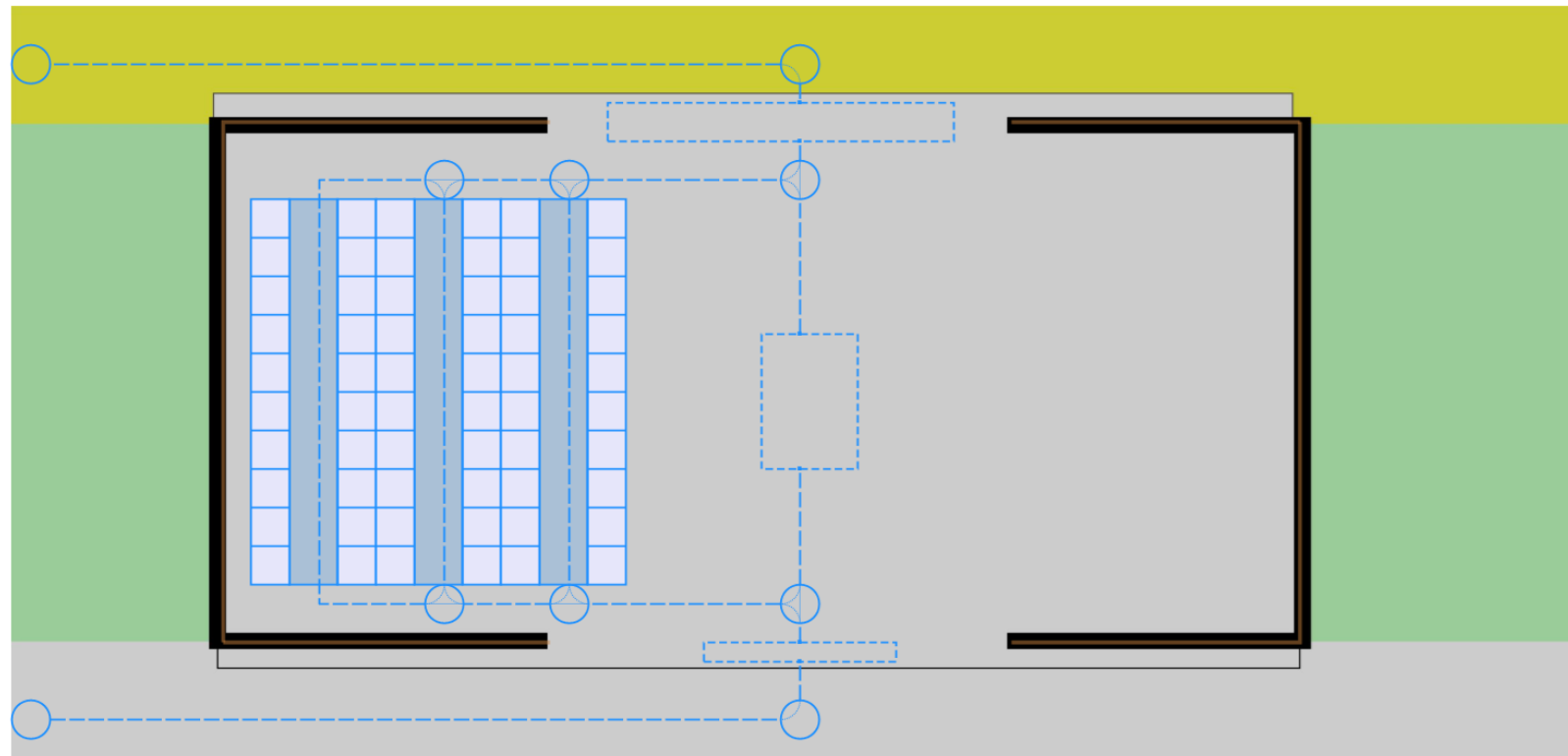




## Имитационная модель логистического терминала тарно-штучных грузов



Общий вид 2D презентации модели с разметкой пространства терминала и притерминальной территории:



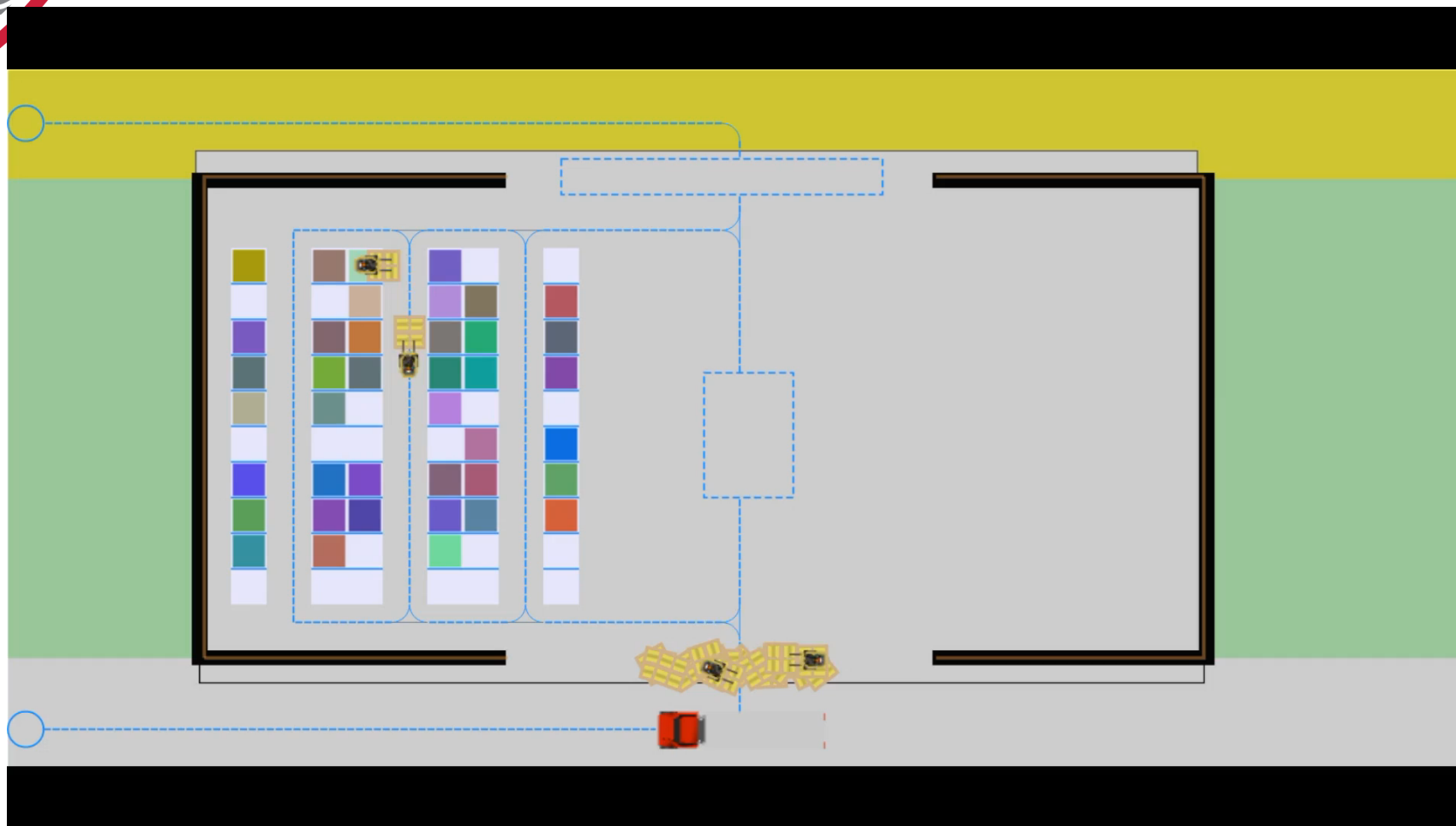
Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



# Имитационная модель логистического терминала тарно-штучных грузов



Реализация модели в 2D презентации



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



## Имитационная модель логистического терминала тарно-штучных грузов



Реализация модели в 3D презентации:



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



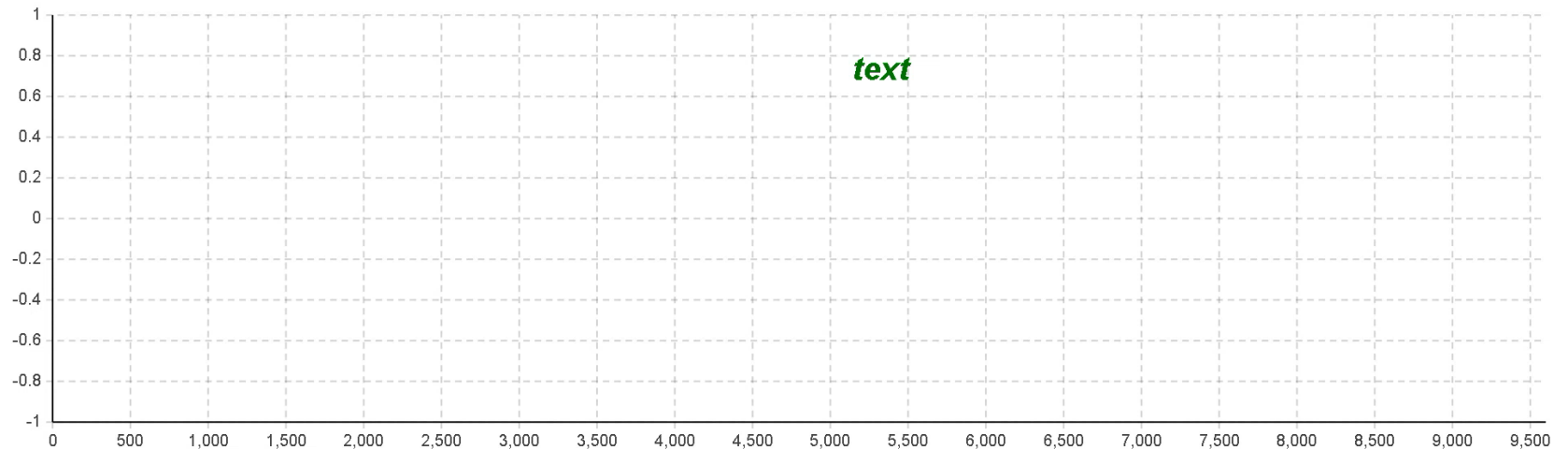
# Имитационная модель логистического терминала тарно-штучных грузов



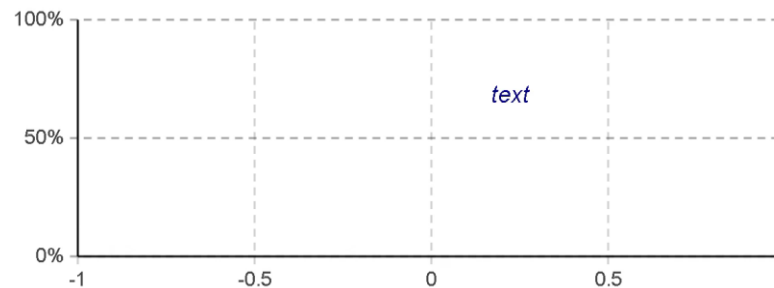
Показатели моделирования (1 год модельного времени).

Использование вместимости стеллажей, паллет

Оценка времени нахождения паллет в терминале, часов.  
Оценка фактической продуктивности терминала как часть от плановой.



● Dataset Title 1



● Histogram Data Title



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union



**Благодарю за внимание!**

**ДОКТОР ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК, ПРОФЕССОР**

**МАЦЮК Вячеслав Иванович**

[vimatsiuk@gmail.com](mailto:vimatsiuk@gmail.com)



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union