

01 июля 2021 года зав. кафедрой математического моделирования и компьютерных технологий Масина Ольга Николаевна, старший преподаватель кафедры математического моделирования и компьютерных технологий Петров Алексей Алексеевич и аспирант кафедры математического моделирования и компьютерных технологий Опенкин Даниил Юрьевич приняли участие в работе II Международной научно-практической конференции «Информационные технологии и интеллектуальные системы принятия решений» (ITIDMS-II-2021) (Москва, Российский новый университет).

Масина Ольга Николаевна выступила с докладом на тему: «Моделирование системы управления ленточным конвейером с использованием методов искусственного интеллекта». Петров Алексей Алексеевич выступил с докладом на тему: «Методы интеллектуального ранжирования результатов для промежуточной оценки знаний по математическим дисциплинам». Опенкин Даниил Юрьевич выступил с докладом на тему: «Разработка алгоритмов и программного обеспечения для технических систем с переключениями».

Конференция проводилась с целью обобщения международного опыта в области информации, цифрового и интеллектуального развития, в рамках которого планируется сформулировать предложения по цифровой и информационной трансформации, разработке компьютерных моделей, информационных технологий, автоматизированных и вычислительные процессы. Конференция проходила дистанционно с использованием сервиса онлайн-конференций Zoom <https://zoom.us/>.

Конференция Zoom

Алексей Петров   Гибадуллин Ар...   Хидирова Моҳ...   Shuhrat Isroilov

Вы просматриваете экран Спика Миссия   Настройки просмотра

## Моделирование системы управления ленточным конвейером с использованием методов искусственного интеллекта

Дружинина О.В.<sup>1</sup>   Масина О.Н.<sup>2</sup>   Петров А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр "Информатика и управление" РАН, Москва

<sup>2</sup>ЕГУ им. И.А. Бунина, Елец, Россия

ITIDMS-II-2021

Включить звук   Выключить видео   Участники   Чат   Демонстрация экрана   Запись   Реакции   Выйти

Конференция Zoom

Алексей Петров   Гибадуллин Ар...   Хидирова Моҳ...   Shuhrat Isroilov

Вы просматриваете экран Спика Миссия   Настройки просмотра

Introduction   Bibliography

## Abstract

The paper is devoted to the development of instrumental and methodological support for the study of mathematical models of conveyor transport systems with intelligent control. An optimal control model is constructed for a belt conveyor with a dynamic change in the angle between the horizontal plane and the belt plane. Methods for studying the belt conveyor model based on the design of PID controllers and neural network controllers are proposed. The results of computational experiments using the training of a feedforward neural network and the use of reinforcement learning are presented. A comparative analysis of computational experiments with the use of control based on the synthesis of a fuzzy controller, control using artificial neural networks, and control based on a PID controller is performed. The obtained results can be used in neural network modeling of complex systems and in solving problems of automation of technological and production processes.

Включить звук   Выключить видео   Участники   Чат   Демонстрация экрана   Запись   Реакции   Выйти

Конференция Zoom

Алексей Петров   Гибадуллин Ар...   Хидирова Моҳ...   Shuhrat Isroilov

Вы просматриваете экран Списка Миссия

Introduction   **Models**   Настройки просмотра

## Conveyor scheme

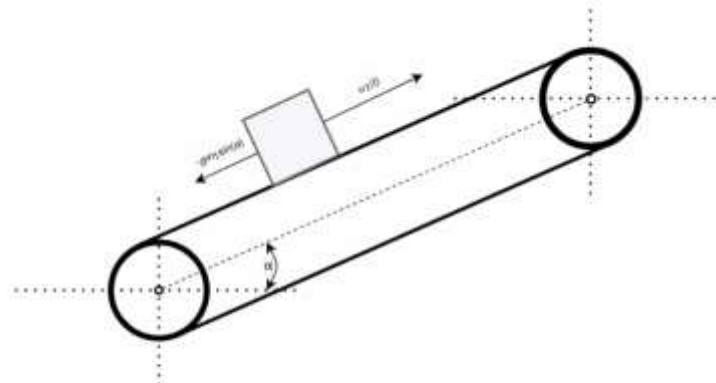


Figure 1: Belt conveyor with a dynamic change in the angle between the horizontal plane and the belt plan.

Выключить звук   Включить видео   Участники   Чат   Демонстрация экрана   Запись   Реакции   Вышли

Конференция Zoom

Алексей Петров   Гибадуллин Ар...   Хидирова Моҳ...   Shuhrat Isroilov

Вы просматриваете экран Списка Миссия

Introduction   **Models**   Настройки просмотра

## Belt conveyor model I

$$\begin{aligned}
 \ddot{x}_0 &= x_1, \\
 \dot{x}_1 &= \frac{u_1 - k_1 x_1 - m_1 g \sin(\alpha_0)}{m_1 + m_0}, \\
 \dot{\alpha}_0 &= \alpha_1, \\
 \dot{\alpha}_1 &= \frac{u_2 - l \alpha_1}{s \varepsilon^2 (m_0 + m_1)} - \frac{g \cos(\alpha_0)}{\varepsilon},
 \end{aligned} \tag{1}$$

$(u_1, u_2) \in U, m_1 \in M,$

where  $x_0$  is the movement of the conveyor belt,  $m_0$  is the mass of the conveyor belt,  $\alpha_0$  is the angle of lifting of the conveyor,  $\alpha_1$  is the angular speed of the conveyor lifting,  $m_1$  is the total mass of loads on the conveyor,  $s$  is the coefficient of the conveyor inertia,  $\varepsilon$  is the position of the gravity center of the conveyor,  $k$  is the coefficient of rolling friction,  $l$  is the coefficient of axial friction,  $u_1$  is the linear force of translational motion of the conveyor,  $u_2$  is the torque value for controlling the lifting angle of the conveyor,  $U$  is the set of control vectors,  $M$  is the set of loads masses.

Выключить звук   Включить видео   Участники   Чат   Демонстрация экрана   Запись   Реакции   Вышли

Конференция Zoom

Алексей Петров   Гибадуллин Ар...   Хидирова Моҳ...   Shuhrat Isroilov

Вы транслируете экран Олега Мисина

Introduction   Models   Библиография

## Belt conveyor model I

$$\begin{aligned}
 \ddot{x}_0 &= x_1, \\
 \dot{x}_1 &= \frac{u_1 - k_1 x_1 - m_1 g \sin(\alpha_0)}{m_1 + m_0}, \\
 \dot{\alpha}_0 &= \alpha_1, \\
 \dot{\alpha}_1 &= \frac{u_2 - l\alpha_1}{s\varepsilon^2(m_0 + m_1)} - \frac{g \cos(\alpha_0)}{\varepsilon},
 \end{aligned} \tag{1}$$

$(u_1, u_2) \in U, m_1 \in M,$

where  $x_0$  is the movement of the conveyor belt,  $m_0$  is the mass of the conveyor belt,  $\alpha_0$  is the angle of lifting of the conveyor,  $\alpha_1$  is the angular speed of the conveyor lifting,  $m_1$  is the total mass of loads on the conveyor,  $s$  is the coefficient of the conveyor inertia,  $\varepsilon$  is the position of the gravity center of the conveyor,  $k$  is the coefficient of rolling friction,  $l$  is the coefficient of axial friction,  $u_1$  is the linear force of translational motion of the conveyor,  $u_2$  is the torque value for controlling the lifting angle of the conveyor,  $U$  is the set of control vectors,  $M$  is the set of loads masses.

Выход

Конференция Zoom

Алексей Петров   Гибадуллин Ар...   Хидирова Моҳ...   Shuhrat Isroilov

Вы транслируете экран Олега Мисина

Introduction   Models   Библиография

## Belt conveyor model II

Various types of optimal system control problems (1) are of theoretical and applied interest. We will consider such a statement of the problem in which the optimal control is the one that stabilizes the system (1) over an infinite time interval. The following conditions are considered necessary and sufficient for the stabilization of the system (1):

$$X(0) \in E_1, X(t_n) \in E_2, \forall t_n \in (t_1, \infty), \tag{2}$$

where  $X = (x_1, \alpha_0, \alpha_1)$  is the phase vector of the system (1),  $t_1$  is the time taken to stabilize the system (1),  $t_n$  is the boundary of the time interval under consideration,  $E_1$  and  $E_2$  are some subspaces of the phase space of solutions, and  $E_2 \subset E_1$ . Let  $E_2$  be a certain neighborhood of the target point  $e$  of the phase space. Then the quality criterion aimed at limiting the trajectories of system (1) close to  $e$  can be written as

$$\lim_{t_n \rightarrow \infty} \frac{1}{t_n} \int_0^{t_n} \|X - e\| dt \rightarrow \min, \tag{3}$$

Выход

Конференция Zoom

Алексей Петров    Гибадуллин Ар...    Хидирова Моҳ...    Shuhrat Isroilov

Вы просматриваете экран Спаса Мисака

Introduction    **Модели**    Настройки просмотра    Библиография

### Additional condition of the following form

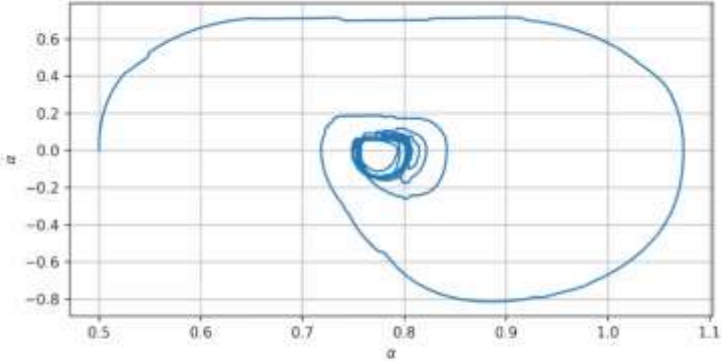


Figure 3: Trajectory on a plane  $(\alpha_0, \alpha_1)$  with the implementation of the law of control of the ascent angle, taking into account  $(C_5)$ .

Выключить звук    Включить звук    Участники    Чат    Демонстрация экрана    Запись    Реакции    Выйти

Конференция Zoom

Алексей Петров    Гибадуллин Ар...    Хидирова Моҳ...    Shuhrat Isroilov

Вы просматриваете экран Спаса Мисака

Introduction    **Модели**    Настройки просмотра    Библиография

### Neural controller implementation

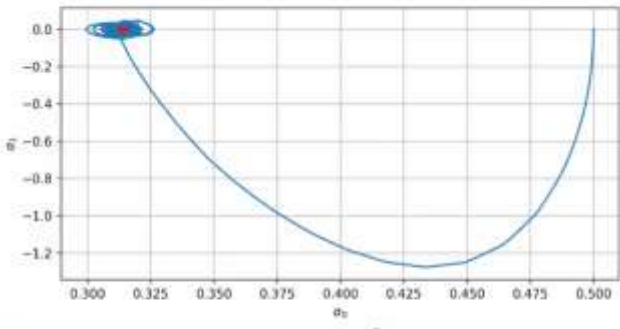
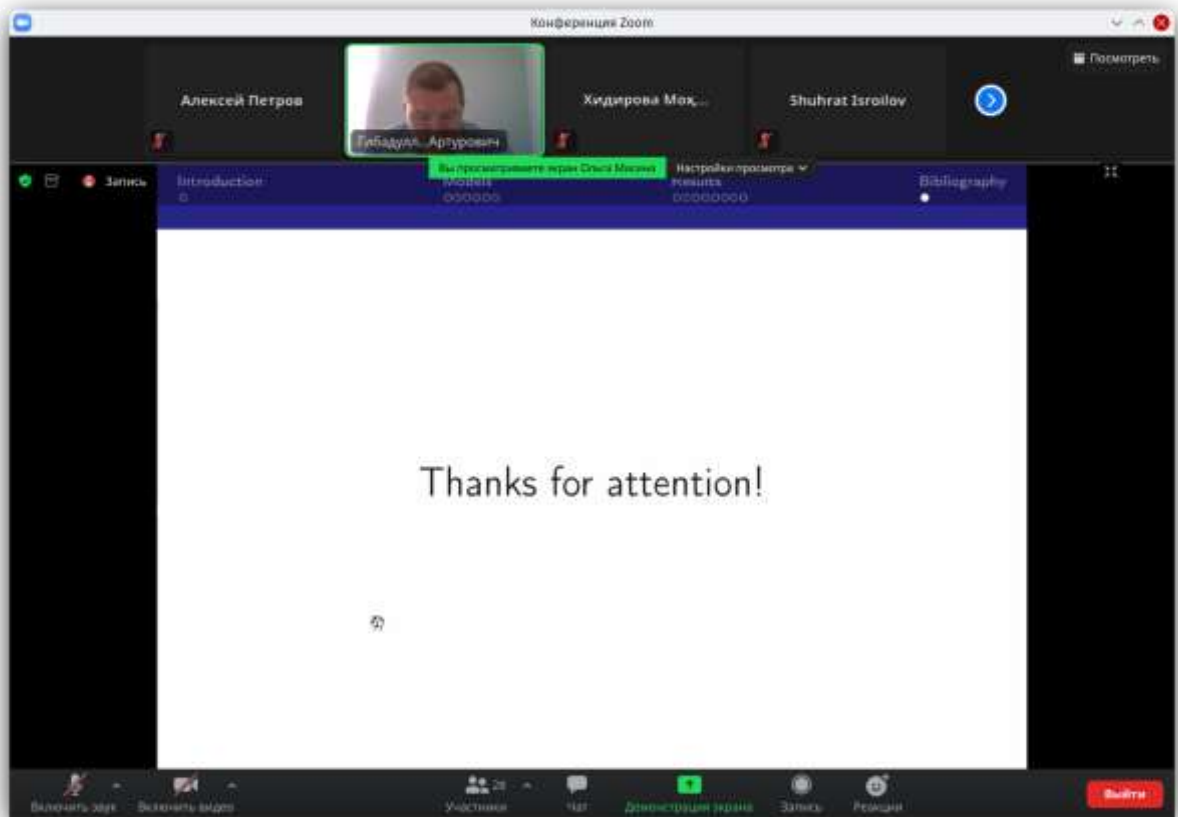


Figure 5: Trajectory of system (1) on a plane  $(\alpha_0, \alpha_1)$  with neural controller implementation, taking into account  $(P_5) - (P_4)$ .

Выключить звук    Включить звук    Участники    Чат    Демонстрация экрана    Запись    Реакции    Выйти



Вы просматриваете экран Алексей Петров    Настройки просмотра

Запись    Вид

## Методы интеллектуального ранжирования результатов для промежуточной оценки знаний по математическим дисциплинам

Масина О.Н.<sup>2</sup>    Петров А.А.<sup>2</sup>    Дружинина О.В.<sup>1</sup>  
Щербатых С.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр "Информатика и управление" РАН,  
Москва

<sup>2</sup>ЕГУ им. И.А. Бунина, Елец, Россия

ITIDMS-II-2021

Включить звук    Включить видео    Участники 27    Чат    Демонстрация экрана    Запись    Реакции    Выйти

Вы просматриваете экран Алексей Петров    Настройки просмотра

Запись    Вид

## Схема ГИОС

```

graph TD
    Base[Base of educational trajectories] --> AISubsystem[AI subsystem]
    AISubsystem --> Base
    AISubsystem <--> KB[Knowledge base]
    Teacher((Teacher)) -- Verification --> AISubsystem
    AISubsystem --> EduModel[Educational model]
    EduModel --> AISubsystem
    AISubsystem --> Students[Students]
    Students --> AISubsystem
    AISubsystem -- Goal setting --> AISubsystem
    AISubsystem --> Tests[Tests generation module]
    Tests --> AISubsystem
    AISubsystem --> AISubsystem
    subgraph AISubsystem
        AI[AI module]
        Rank[Ranking module]
        Anal[Analysis module]
        AI --- Rank
        Rank --- Anal
    end
  
```

Рис. 1: Организация гибридной интеллектуальной обучающей среды

Включить звук    Включить видео    Участники 25    Чат    Демонстрация экрана    Запись    Реакции    Выйти

Вы просматриваете экран Алексей Петров

# Схема ГИОС

Рис. 1: Организация гибридной интеллектуальной обучающей среды

Участники (25)

Найти участника

- Ольга Масина (Я)
- Юридический Институт (Организатор)
- Алексей Петров
- Бовтрикова Елена Влад... (Соорганизатор)
- Гибадуллин Артур А... (Соорганизатор)
- Артур Артурович (Соорганизатор)

Пригласить Включить свой звук Поднять руку

Включить звук Включить видео Участники 25 Чат Демонстрация экрана Запись Реакции Выйти

Вы просматриваете экран Алексей Петров

# Анализ данных

- 1 Кластеризация и классификация
- 2 Визуализация и понижение размерности
- 3 Интеллектуальное оценивание

Участники (25)

Найти участника

- Ольга Масина (Я)
- Юридический Институт (Организатор)
- Алексей Петров
- Бовтрикова Елена Влад... (Соорганизатор)
- Гибадуллин Артур А... (Соорганизатор)
- Артур Артурович (Соорганизатор)

Пригласить Включить свой звук Поднять руку

Включить звук Включить видео Участники 25 Чат Демонстрация экрана Запись Реакции Выйти



Запись

## Оценочная шкала

Фиксированную оценочную шкалу для результатов работ по математическим дисциплинам можно представить следующим образом:

- недопустимый уровень усвоения, если для всех верно выполнено менее  $\sigma N_i$  заданий, где  $N_i$  – заданий блока  $A_i$ ,  $i = 1, 2, 3$ ;
- низкий уровень усвоения, если верно выполнено заданий хотя бы для 1 блока;
- средний уровень усвоения, если верно выполнено более  $\sigma N_i$  заданий хотя бы для 2 блоков;
- высокий уровень усвоения, если верно выполнено более  $\sigma N_i$  заданий для всех блоков;

22.04.2021 CSMSSIT-2021 5 / 13

Участники (25)

Найти участника

- Ольга Масина (Я)
- Юридический Институт (Организатор)
- Алексей Петров
- Бовтрикова Елена Влад... (Соорганизатор)
- Гибдуллин Артур А... (Соорганизатор)
- Артур Артурович (Соорганизатор)

Пригласить Включить свой звук Поднять руку

Запись Вы просматриваете экран Алексей Петров Настройки просмотра Вид

## Результаты I

Рис. 2: Распределение результатов тестовых заданий

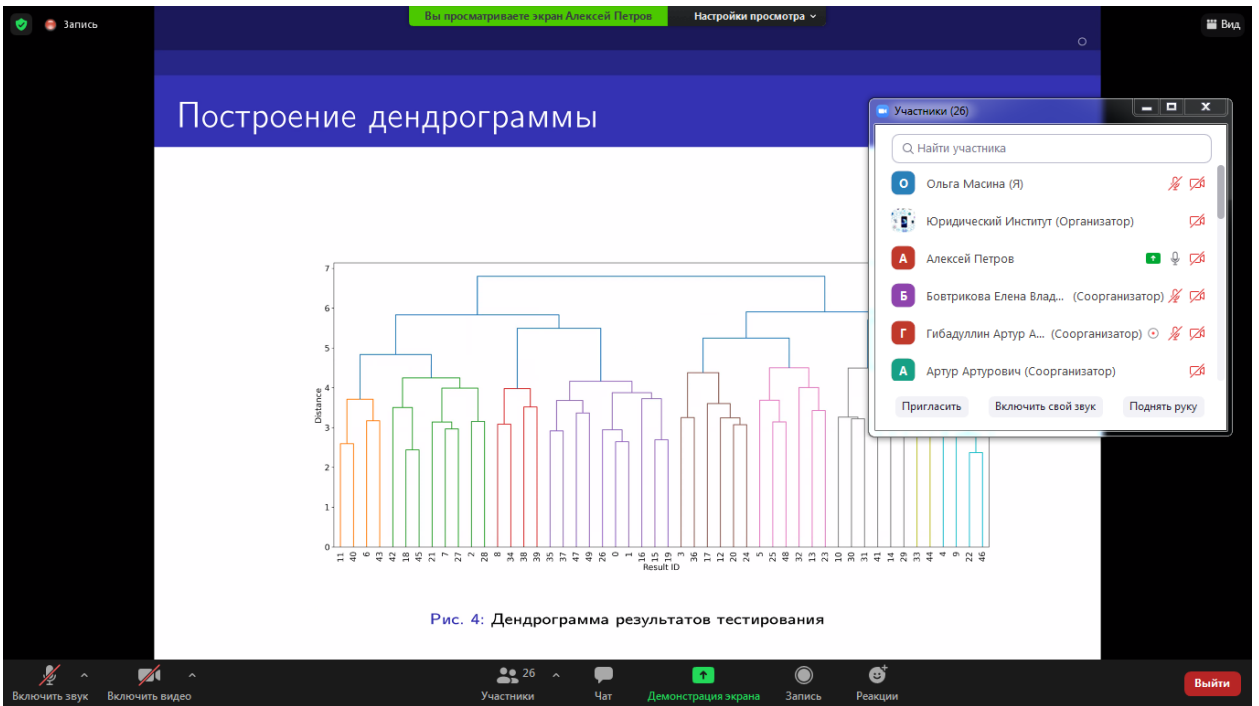
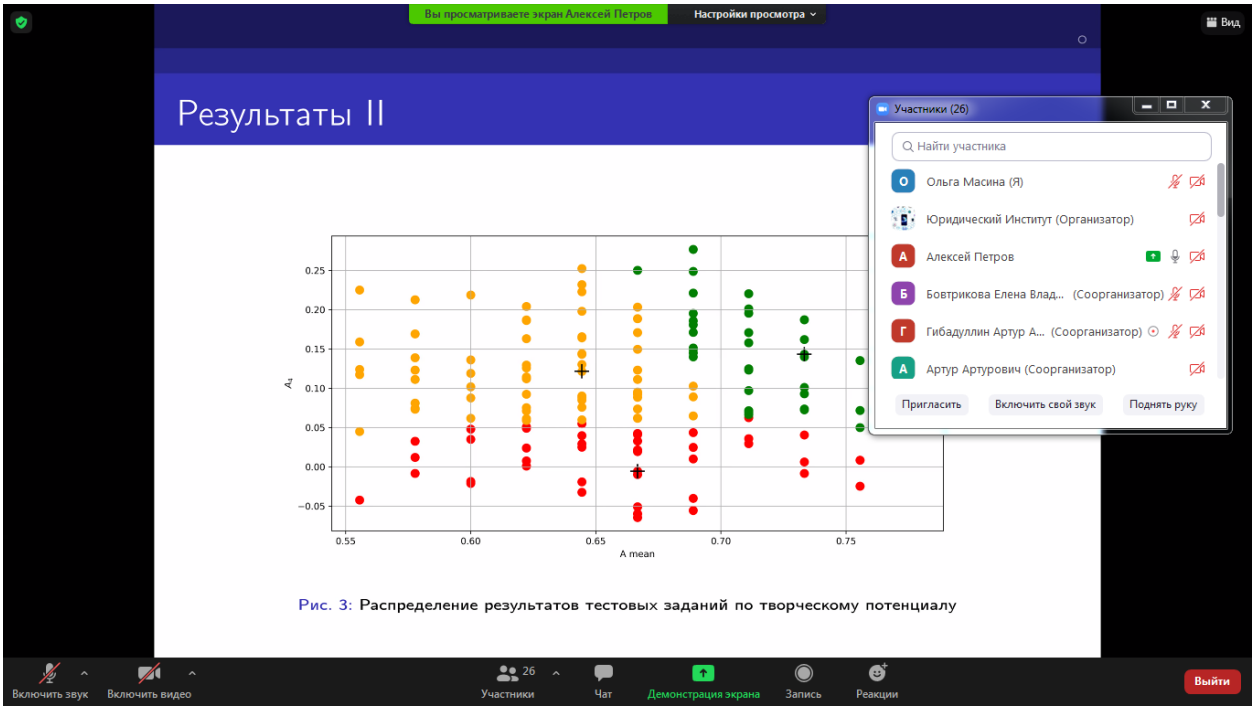
Участники (26)

Найти участника

- Ольга Масина (Я)
- Юридический Институт (Организатор)
- Алексей Петров
- Бовтрикова Елена Влад... (Соорганизатор)
- Гибдуллин Артур А... (Соорганизатор)
- Артур Артурович (Соорганизатор)

Пригласить Включить свой звук Поднять руку

Включить звук Включить видео Участники 26 Чат Демонстрация экрана Запись Реакции Выйти







Вы просматриваете экран Алексей Петров

## Гистограмма средних значений

Рис. 5: Гистограмма средних значений

Участники 26 Чат Демонстрация экрана Запись Реакции Выйти

## Литература I

-  Basalin P D, Timofeev A E, Kulagina E A, Neymark E A, Fomina I A and Chernyshova N N 2018 Implementation of a hybrid intellectual learning environment of a production type Modern information technologies and IT-education 14(1) 256–267
-  Sleptsov A F and Sleptsova M V 2016 Intellectual educational environment: theoretical approaches and opportunities for implementation Modern studies of social problems 5 70–88
-  Obukhov A S, Bulin-Sokolova E I and Semyonov A L 2014 Future teacher education. The direction of movement and the first practical steps Psychological Science and Education 19(3) 207–225
-  Druzhinina O V, Masina O N and Petrov A A 2021 Construction of differential mathematical models used in the development of a hybrid intelligent learning environment, taking into account the delay and control actions Continuum. Mathematics. Computer science. Education 1(21) 69–80

22.04.2021 CSMSSIT-2021 10 / 13

Вы просматриваете экран Алексей Петров

Настройки просмотра

Запись Вид

# Литература I

- Basalin P D, Timofeev A E, Kulagina E A, Neymark E A, Fomina I A and Chernyshova N N 2018 Implementation of a hybrid intellectual learning environment of a production type Modern information technologies and IT-education 14(1) 256–267
- Sleptsov A F and Sleptsova M V 2016 Intellectual educational environment: theoretical approaches and opportunities for implementation Modern studies of social problems 5 70–88
- Obukhov A S, Bulin-Sokolova E I and Semyonov A L 2014 Future teacher education. The direction of movement and the first practical steps Psychological Science and Education 19(3) 207–225
- Druzhinina O V, Masina O N and Petrov A A 2021 Construction of differential mathematical models used in the development of a hybrid intelligent learning environment, taking into account the delay and control actions Continuum. Mathematics. Computer science. Education 1(21) 69–80

Ольга Масина

Гибатуллин Артур Арту...

В

Виктор Панасов

Шадманов Кам...

Включить звук Включить видео

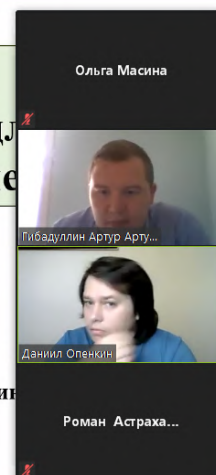
Участники 27 Чат Демонстрация экрана Запись Реакции

Выйти

## Разработка алгоритмов и программного обеспечения для моделирования технических систем с переключениями

Докладчик: студент-аспирант Опенкин Даниил Юрьевич  
Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина

Авторы: Масина О.Н., Петров А.А., Дружинина О.В., Черномордов С.В., Опенкин Д.Ю.



1 июля 2021



### Примеры использования систем управления с переключениями



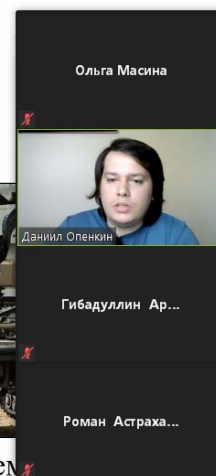
Беспилотные летательные аппараты



Беспилотные автомобили

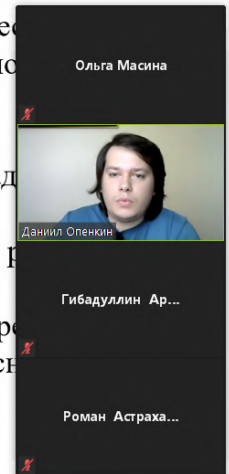


Боевой наземный робот

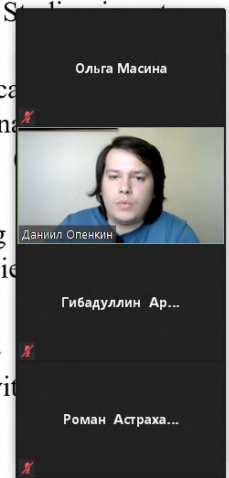


**Актуальность** разработки алгоритмов для моделирования технических систем с переключениями на основе использования интеллектуальных технологий численной оптимизации определяется тем, что:

1. Подобные системы находят многочисленные применения в прикладном управлении механическими системами.
2. Математическое моделирование является важным и интенсивно развивающимся научным направлением.
3. Рост сложности задач систем интеллектуального управления требует новых и совершенствования существующих методологических основ информационных технологий.



1. Zhao, X., Kao, Y., Niu, B., Wu, T.: Control synthesis of switched systems. *Systems, decision and control*, 80, 2198–4182 (2016).
2. Druzhinina, O.V., Masina, O.N., Petrov, A.A.: Models for the control of technical systems taking into account optimality conditions. *Proceedings of the VIII International Conference on Optimization Methods and Applications «Optimization and Applications» Petrovac* (2017).
3. Druzhinina, O.V., Masina, O.N., Petrov, A.A.: The synthesis of the switching parameters search algorithms. *Communications in Computer and Information Science* 320 (2019).
4. Haykin, S.: *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*. Prentice Hall (1999).
5. Rashid, T.A., Abbas, D.K., Turel, Y.K.: A multi hidden recurrent neural network with wolf optimizer. *PLoS ONE* 14(3), 1-23 (2019).



## Общий вид математической модели

$$m\dot{x} = QT + mG + D(x, \dot{x}, \ddot{x}, t).$$

В (1) приняты следующие обозначения:

$x \in R^n$  – фазовый вектор,

$t$  – время,

$D(x, \dot{x}, \ddot{x}, t)$  – возмущение в системе,

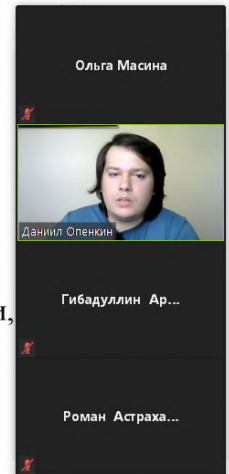
$G$  – вектор-столбец потенциального поля тяготения,

$m$  – масса,

$T = (t^0, t^1, \dots, t^{n-1})^*$  – вектор-столбец, поставленный в соответствие времени,

$Q$  – матрица коэффициентов.

$$m\ddot{x} = QT + mG.$$



## Общий вид математической модели

$$m\dot{x} = QT + mG + D(x, \dot{x}, \ddot{x}, t).$$

В (1) приняты следующие обозначения:

$x \in R^n$  – фазовый вектор,

$t$  – время,

$D(x, \dot{x}, \ddot{x}, t)$  – возмущение в системе,

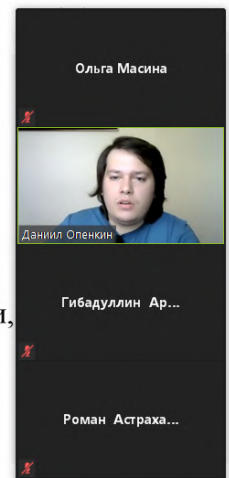
$G$  – вектор-столбец потенциального поля тяготения,

$m$  – масса,

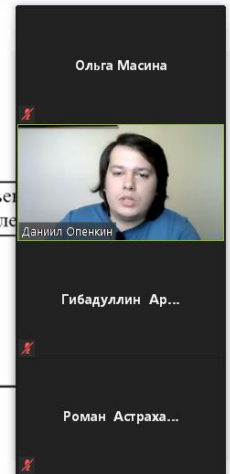
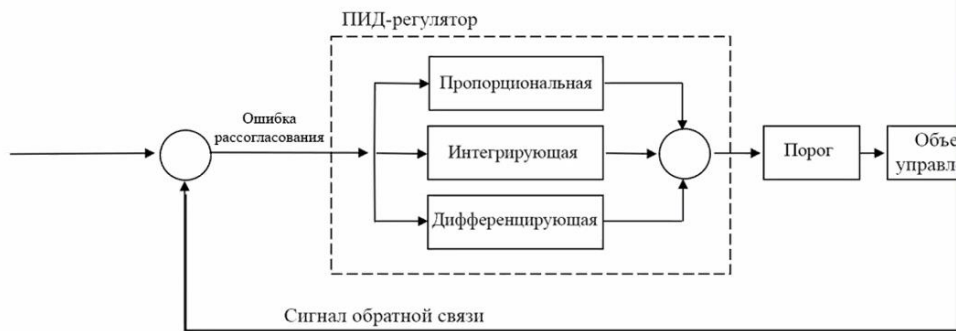
$T = (t^0, t^1, \dots, t^{n-1})^*$  – вектор-столбец, поставленный в соответствие времени,

$Q$  – матрица коэффициентов.

$$m\ddot{x} = QT + mG.$$



## Схема обобщенного алгоритма переключений при помощи ПИД-регулятора



## Алгоритм «Настройка ПИД-регулятора»

*Шаг 1.* Инициализировать ПИД-регулятор с произвольными коэффициентами.

*Шаг 2.* Выполнить алгоритм переключений и получить траекторию.

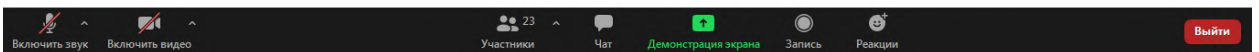
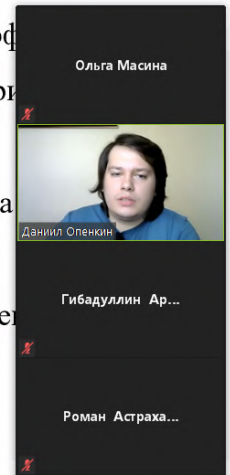
*Шаг 3.* Вычислить значение критерия качества.

*Шаг 4.* Если условие останова выполняется, то работа алгоритма завершена.

В противном случае перейти к шагу 5.

*Шаг 5.* Оптимизировать коэффициенты  $P$ ,  $I$ ,  $D$  и пороговое значение.

*Шаг 6.* Перейти к шагу 2.





Вы просматриваете экран Даниила Оленкина

Настройки просмотра

## Блок-схема алгоритма «Настройка ПИД-регулятора»

```

    graph TD
      Start([Начало]) --> Input[/Ввод начальных коэффициентов ПИД-регулятора/]
      Input --> CalcTraj[Расчет траектории]
      CalcTraj --> CalcCrit[Расчет критерий эффективности]
      CalcCrit --> Decision{Критерии останова}
      Decision -- Да --> End([Конец])
      Decision -- Нет --> Optimize[Оптимизация P, I, D, Omega]
      Optimize --> CalcTraj
  
```

Ольга Масина

Даниил Оленкин

Гибадуллин Ар...

Роман Астраха...

Включить звук Включить видео

Участники 23 Чат Демонстрация экрана Запись Реакции

Выйти

Вы просматриваете экран Даниила Оленкина

Настройки просмотра

## Алгоритм «Генерация переключений на основе ПИД-регулятора»

*Шаг 1.* Настроить ПИД-регулятор (алгоритм 1).

*Шаг 2.* Выполнить одну итерацию численного алгоритма интегрирования.

*Шаг 3.* Проверить условие останова. Если условие останова выполнено, алгоритм закончен. В противном случае нужно перейти к следующему шагу.

*Шаг 4.* Выполнить расчет выводов генератора переключений. Если активации на выходе  $x > \Omega$ , то осуществляется переключение, в ином случае перейти к шагу 2.

*Шаг 5.* Выполнить расчет новых значений матрицы  $Q$ .

*Шаг 6.* Перейти к шагу 2.

Ольга Масина

Даниил Оленкин

Гибадуллин Ар...

Роман Астраха...

Включить звук Включить видео

Участники 23 Чат Демонстрация экрана Запись Реакции

Выйти

Вы просматриваете экран Даниил Оленкин    Настройки просмотра

## Пример графической интерпретации выходного значения ПИД-регулятора.



Ольга Масина

Даниил Оленкин

Гибадуллин Ар...

Роман Астраха...

Включить звук    Включить видео    Участники    Чат    Демонстрация экрана    Запись    Реакции    Выйти

Вы просматриваете экран Даниил Оленкин    Настройки просмотра

## Фрагмент программного кода поиска траектории при движении под действием силы тяжести.

```
model_example = switched_model_2d()
dynamic_system = ode(model_example, 0, [0, 5, 0, 50],
25, max_step = 0.1)
X = []

for point in dynamic_system:
    if model_example.timer[-1] > 15:
        model_example.P = np.array([[0,0],
[0,0]])
        model_example.D = np.vstack([-1, 10])

    X.append(point)

solution = np.array(X)
plt.plot(solution[:,0], solution[:,2])
plt.grid()
plt.show()
```

Ольга Масина

Даниил Оленкин

Гибадуллин Ар...

Роман Астраха...

Включить звук    Включить видео    Участники    Чат    Демонстрация экрана    Запись    Реакции    Выйти

Вы просматриваете экран Даниила Оленкина

## Алгоритм «Поиск оптимума функции на основе роя нейросетевых автоматов»

Настройки просмотра

Запись

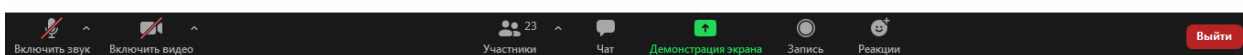
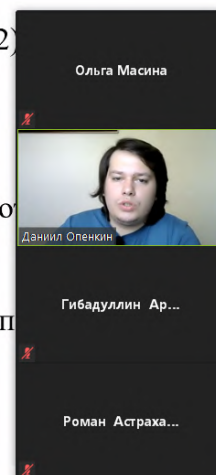
Вид

*Шаг 1.* Инициализировать сеть из  $k$  нейросетевых автоматов ( $k \geq 2$ ) в евклидовом пространстве.

*Шаг 2.* Выполнить расчет выводов нейросетевых автоматов.

*Шаг 3.* Изменить положение нейросетевых автоматов в пространстве по векторам выводов.

*Шаг 4.* Проверить условие останова. Если условие останова выполнено, алгоритм завершается. В противном случае перейти к шагу 2.



Вы просматриваете экран Даниила Оленкина

## Алгоритм «Обучение нейросетевых автоматов»

Настройки просмотра

Запись

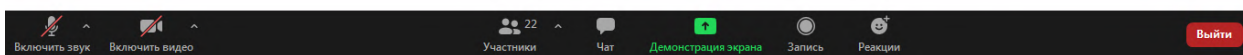
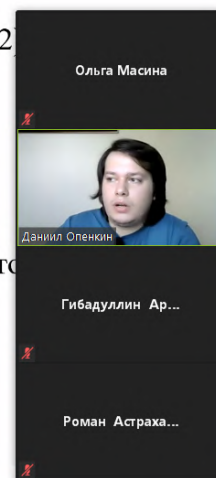
Вид

*Шаг 1.* Инициализировать сеть из  $k$  нейросетевых автоматов ( $k \geq 2$ ) в евклидовом пространстве.

*Шаг 2.* Выполнить шаги 2–4 алгоритма 3.

*Шаг 3.* Найти значение функции потерь.

*Шаг 4.* Оптимизировать весовые коэффициенты нейросетевых автоматов.



1. Предложен алгоритм переключений на основе ПИД-регулятора рассогласования.
2. Разработан алгоритм глобальной параметрической оптимизации искусственных нейронных сетей с обучением.
3. Представленные результаты могут быть использованы при решении оптимизационных задач, при решении задач математической теории управления также при проектировании и совершенствовании переключаемых систем с неопределенностей различного характера.

