

**КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АЛЬ-ФАРАБИ**

**А.Т. Агишев**

**МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

**Сборник лекций для студентов магистратуры,  
обучающихся по образовательной программе  
«7M06201 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации»**

**Алматы, 2025**

## Лекция 5. Типы обучения (с учителем, без учителя, с подкреплением)

### Цель лекции

Раскрыть три ключевых парадигмы машинного обучения — обучение с учителем, без учителя и с подкреплением. Показать их различия, алгоритмические основы, примеры и инженерные приложения, особенно в контексте анализа сигналов, телекоммуникаций и управления системами.

### Основные вопросы:

1. Классификация типов обучения в ИИ.
2. Принцип обучения с учителем (Supervised Learning).
3. Принцип обучения без учителя (Unsupervised Learning).
4. Обучение с подкреплением (Reinforcement Learning).
5. Сравнение подходов.
6. Примеры и области применения в радиотехнике и телекоммуникациях.
7. Перспективные направления гибридного обучения.

### Краткие тезисы:

**Классификация типов обучения.** По Alpaydin (2020), все методы машинного обучения можно разделить на три группы по способу представления данных и обратной связи:

- **Supervised Learning** — обучение на размеченных данных;
- **Unsupervised Learning** — обучение на неразмеченных данных;
- **Reinforcement Learning** — обучение на основе взаимодействия со средой через награды и штрафы.

Эти подходы часто комбинируются в **semi-supervised** или **self-supervised** схемах (Goodfellow et al., 2016).

### Обучение с учителем (Supervised Learning).

Суть: модель обучается по множеству пар  $(x, y)$ , где  $x$  — входные данные,  $y$  — известные целевые метки. Цель: построить функцию  $f(x) \approx y$ , минимизирующую ошибку. **Основные задачи:**

**Классификация:** распознавание сигналов, изображений, текста.

**Регрессия:** прогнозирование непрерывных параметров (например, уровня шума или мощности сигнала).

**Алгоритмы:** линейная/логистическая регрессия, SVM, деревья решений, Random Forest, нейронные сети.

**Пример в телекоммуникациях:** определение типа модуляции сигнала на основе спектральных характеристик (CNN, SVM).

### Обучение без учителя (Unsupervised Learning).

Суть: алгоритм ищет скрытые закономерности без использования меток классов. Цель: выявить структуру данных, сократить размерность, сгруппировать объекты. **Основные задачи:**

**Кластеризация:** группировка схожих объектов (k-means, DBSCAN, Gaussian Mixture Models).

**Снижение размерности:** PCA, t-SNE, Autoencoders.

**Обнаружение аномалий:** выявление необычных сигналов или сетевых событий.

**Пример:** кластеризация сетевого трафика для выявления DDoS-атак без заранее размеченных примеров.

**Особенность:** такие методы часто используются как предварительный этап для последующего supervised-обучения.

**Обучение с подкреплением (Reinforcement Learning, RL).**

**Суть:** агент взаимодействует с окружающей средой, получая **состояния (states)**, **действия (actions)** и **награды (rewards)**.

**Цель:** максимизировать суммарную награду  $R = \sum_{t=0}^T \gamma^t r_t$ , где  $\gamma$  — коэффициент дисконтирования. **Ключевые элементы (Russell & Norvig, 2021):**

- **Policy ( $\pi$ ):** стратегия выбора действия;
- **Reward function:** количественная оценка результата;
- **Value function:** ожидаемая будущая награда;
- **Environment:** внешняя система, с которой взаимодействует агент.

**Алгоритмы:** Q-learning, SARSA, Deep Q-Network (DQN), Policy Gradient, Actor-Critic.

**Применения:**

- Оптимизация маршрутизации в сетях;
- Адаптивное управление мощностью передатчиков;
- Обучение роботов и дронов;
- Интеллектуальное управление радиоресурсами.

**Пример:** агент обучается выбирать частоты передачи, чтобы минимизировать помехи и потери пакетов.

**Применение в радиотехнике и телекоммуникациях.**

**Supervised:** классификация типов сигналов, диагностика оборудования.

**Unsupervised:** кластеризация сетевых данных, выявление аномалий.

**Reinforcement:** динамическое распределение частот и адаптация протоколов в сетях 5G/6G.

В совокупности эти подходы формируют основу интеллектуальных телекоммуникационных систем нового поколения (AI-native networks).

**Перспективные направления.**

Semi-supervised Learning — частично размеченные данные.

Self-supervised Learning — самообучение на основе структуры данных (например, автопредсказание маскированных токенов в NLP).

Multi-agent RL — коллективное обучение агентов для сложных систем (управление распределёнными сетями).

Meta-learning — обучение моделей обучаться.

**Вопросы для контроля, изучаемого материал:**

- 1) В чём ключевые различия между supervised, unsupervised и reinforcement learning?
- 2) Какие задачи решаются методами обучения с учителем?
- 3) Каковы основные методы кластеризации и снижения размерности?
- 4) Что представляет собой агент в обучении с подкреплением и какова его цель?
- 5) Какие алгоритмы используются в reinforcement learning?
- 6) Приведите примеры применения каждого типа обучения в телекоммуникациях.
- 7) Что такое semi-supervised и self-supervised learning и почему они актуальны сегодня?

**Рекомендуемый список литературных источников:**

1. Russell, S., Norvig, P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4th Edition. Pearson, 2021.
2. Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. Deep Learning. MIT Press, 2016.
3. Alpaydin, E. Introduction to Machine Learning. 4th Edition. MIT Press, 2020.