

Минобрнауки России  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
Институт компьютерных наук и кибербезопасности  
Высшая школа программной инженерии

**Презентация на тему:**  
**Теория Демпстера-Шейфера**  
**в управлении ИТ-проектами**

по дисциплине "Методы принятия решений"

Руководитель:  
старший преподаватель  
В.А. Пархоменко

Выполнил:  
студент группы 5140903/40101  
Плеханов Е.С.

Санкт-Петербург  
2025

# Структура доклада

- 1 Проблема неопределенности в ИТ-проектах
- 2 Основные понятия теории Демпстера-Шейфера
- 3 Пример 2.1: Кандидаты на должность
- 4 Пример 2.6: Комбинирование экспертных оценок
- 5 Правило Ягера как альтернатива
- 6 Практическая реализация
- 7 Выводы и применение в ИТ

# Проблема неопределенности в ИТ-проектах

## Традиционный подход

- Точечные оценки: “проект займет 3 месяца”
- Игнорирование неопределенности
- Субъективное усреднение мнений

## Реальность ИТ-проектов

- Эксперты дают разные оценки
- Противоречивые мнения о рисках
- Необходимость объективного комбинирования

## Решение

### Теория Демпстера-Шейфера:

- Интервальные вероятности
- Учет незнания
- Математическое комбинирование

# Основные понятия теории Демпстера-Шейфера

## Фрейм discernment

$$\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\}$$

Множество всех возможных исходов

## Базовая вероятностная функция (BPA)

$$m : 2^\Omega \rightarrow [0, 1], \quad m(\emptyset) = 0, \quad \sum m(A) = 1$$

## Функция доверия (Belief)

$$\text{Bel}(A) = \sum_{B \subseteq A} m(B)$$

## Функция правдоподобия (Plausibility)

$$\text{Pl}(A) = \sum_{B \cap A \neq \emptyset} m(B)$$

## Пример 2.1: Кандидаты на должность

### Условие задачи

4 кандидата:  $\Omega = \{1, 2, 3, 4\}$

10 экспертов:

Мнение экспертов	Множество	Количество
"Кандидат 1"	$\{1\}$	5
"Кандидат 1 или 2"	$\{1, 2\}$	2
"Кандидат 3"	$\{3\}$	3

### Базовые вероятности

$$m(\{1\}) = 0.5, \quad m(\{1, 2\}) = 0.2, \quad m(\{3\}) = 0.3$$

## Пример 2.1: Вычисления функций доверия

### Результаты для каждого кандидата

- Кандидат 1:  $Bel = 0.5$ ,  $Pl = 0.7$ , Интервал:  $[0.5, 0.7]$
- Кандидат 2:  $Bel = 0.0$ ,  $Pl = 0.2$ , Интервал:  $[0.0, 0.2]$
- Кандидат 3:  $Bel = 0.3$ ,  $Pl = 0.3$ , Интервал:  $[0.3, 0.3]$
- Кандидат 4:  $Bel = 0.0$ ,  $Pl = 0.0$ , Интервал:  $[0.0, 0.0]$

### Интерпретация

- Кандидат 1: уверенность + неопределенность
- Кандидат 2: “может быть” (не знаем)
- Кандидат 3: полная определенность
- Кандидат 4: невозможно

# Комбинирование свидетельств: Проблема ИТ-проекта

## Типичная ситуация в ИТ

- Команда разработки: “3-4 месяца”
- Команда тестирования: “4-5 месяцев”
- Менеджер: “2 месяца”

## Проблема

Как объективно объединить противоречивые оценки?

## Решение

**Правило комбинирования Демпстера:**

- Математическое объединение
- Учет конфликтов
- Объективный результат

# Пример 2.6: Комбинирование экспертных оценок

## Условие задачи

**Предприятия:**  $\Omega = \{1, 2, 3, 4\}$

**Источник 1** (8 экспертов):

- 5 экспертов: предприятие 1  $\rightarrow \{1\}$
- 3 эксперта: предприятие 2 или 3  $\rightarrow \{2, 3\}$

**Источник 2** (16 экспертов):

- 8 экспертов: предприятие 1 или 2  $\rightarrow \{1, 2\}$
- 7 экспертов: предприятие 3  $\rightarrow \{3\}$
- 1 эксперт: предприятие 4  $\rightarrow \{4\}$

## Базовые вероятности

$$m_1(\{1\}) = 0.625, \quad m_1(\{2, 3\}) = 0.375$$

$$m_2(\{1, 2\}) = 0.5, \quad m_2(\{3\}) = 0.4375, \quad m_2(\{4\}) = 0.0625$$

# Правило комбинирования Демпстера

## Математическая формула

$$m_{12}(A) = \frac{1}{1 - K} \sum_{B \cap C = A} m_1(B) \cdot m_2(C)$$

где

$$K = \sum_{B \cap C = \emptyset} m_1(B) \cdot m_2(C)$$

## Псевдокод алгоритма

- 1 Вычислить пересечения  $B \cap C$
- 2 Найти конфликт  $K$
- 3 Для каждого  $A$ : вычислить  $m_{12}(A)$
- 4 Нормализовать на  $(1 - K)$

## Пример 2.6: Вычисления

### Таблица пересечений

	$m_1(\{1\}) = 0.625$	$m_1(\{2, 3\}) = 0.375$
$m_2(\{1, 2\}) = 0.5$	$\{1\}$	$\{2\}$
$m_2(\{3\}) = 0.4375$	$\emptyset$	$\{3\}$
$m_2(\{4\}) = 0.0625$	$\emptyset$	$\emptyset$

### Вычисление конфликта

$$K = 0.625 \cdot 0.4375 + 0.625 \cdot 0.0625 + 0.375 \cdot 0.0625 = 0.336$$

### Результат комбинирования

$$m_{12}(\{1\}) = 0.4706, \quad m_{12}(\{2\}) = 0.2824, \quad m_{12}(\{3\}) = 0.2470$$

# Проблема правила Демпстера: Парадокс Заде

## Медицинский пример

### Врач 1:

- Менингит:  $m = 0.99$
- Опухоль мозга:  $m = 0.01$

### Врач 2:

- Сотрясение:  $m = 0.99$
- Опухоль мозга:  $m = 0.01$

## Результат комбинирования

$$\text{Bel}() = 1.0$$

Оба врача считали опухоль маловероятной!

## Проблема

Правило Демпстера усиливает редкие совпадения

# Правило Ягера: Альтернативный подход

## Философия Ягера

“Конфликт  $\rightarrow$  незнание, а не усиление”

## Математическая формула

$$q(A) = \sum_{B \cap C = A} m_1(B) \cdot m_2(C)$$

$$m_{Yag}(A) = q(A) \quad \text{для } A \neq \Omega, A \neq \emptyset$$

$$m_{Yag}(\Omega) = q(\Omega) + q(\emptyset)$$

## Ключевое отличие

Конфликт переносится в универсальное множество  $\Omega$  (“не знаю”)

# Сравнение Демпстера и Ягера

## Результаты для примера 2.6

Множество	Демпстер	Ягер	Разница
{1}	0.4706	0.3125	-0.1581
{2}	0.2824	0.1875	-0.0949
{3}	0.2470	0.1641	-0.0829
$\Omega$	0.0000	0.3360	+0.3360

## Интерпретация

- **Демпстер:** усиливает согласованные свидетельства
- **Ягер:** признает незнание (33.6% → “не знаю”)

## Когда что использовать?

- Демпстер: надежные источники, нужно решение
- Ягер: ненадежные источники, важна осторожность

# Практическая реализация

## Архитектура программы

- `main.py` - главный файл приложения
- `dempster_core.py` - ядро теории Д-Ш
- `examples.py` - реализация примеров из книги
- `visualizer.py` - визуализация результатов

## Основные возможности

- Консольное меню для выбора примеров
- Автоматическая визуализация результатов
- Сравнение методов комбинирования
- Подробные текстовые отчеты

## Пример вывода программы

»» Пример 2.1: Кандидаты на должность

Базовые вероятности:  $m(\{1\})=0.5$ ,  $m(\{1,2\})=0.2$ ,  $m(\{3\})=0.3$

Кандидат 1:  $Bel=0.5$ ,  $P1=0.7$ , Интервал:  $[0.5, 0.7]$

Кандидат 2:  $Bel=0.0$ ,  $P1=0.2$ , Интервал:  $[0.0, 0.2]$

## Оценка сроков проекта

- **Bel(успех)** - пессимистичная оценка
- **PI(успех)** - оптимистичная оценка
- **PI - Bel** - уровень неопределенности

## Анализ рисков

- Комбинирование оценок разных экспертов
- Объективная обработка конфликтов
- Количественная оценка неопределенности

## Принятие решений

- Стратегии для разных уровней уверенности
- Учет “не знаю” как valid состояния
- Более обоснованные управленческие решения

## Преимущества теории Демпстера-Шейфера

- Работа с неполной информацией
- Интервальные оценки вместо точечных
- Объективное комбинирование мнений
- Учет конфликтов между источниками

## Ограничения

- Сложность вычислений для больших фреймов
- Выбор правила комбинирования требует обоснования
- Интерпретация результатов требует опыта

## Перспективы в ИТ

- Системы поддержки принятия решений
- Управление рисками проектов
- Анализ надежности complex systems

## Литература

- **Уткин Л.В.** “Анализ риска и принятие решений при неполной информации” - Глава 2

## Программная реализация

- **GitHub репозиторий:** <https://github.com/EgorPlehanov/dempster-shafer-theory>
- Полный исходный код всех примеров
- Документация и инструкции по установке
- Тестовые данные и примеры использования

## Технологии

- Python 3.8+, Matplotlib, NumPy, Pandas, Seaborn
- LaTeX для документации и презентации
- Git для контроля версий

# Спасибо за внимание!

Вопросы?