

Кооперативная игра «Ханаби» — новый вызов ИИ?

Оноприенко Анастасия Александровна

Научная конференция ФКН 2025
26–29 октября 2025 года

Настольная игра «Ханаби»

«Ханаби» — кооперативная карточная игра.

- ▶ разработана Антуаном Бозой в 2010 г., в 2013 г. получила престижную премию Игры года (Spiel des Jahres);
- ▶ игроки не видят своих карт, но видят карты всех других игроков;
- ▶ число карт на руке у игрока ограничено (4 или 5, в зависимости от числа игроков);
- ▶ всего 5 цветов, на каждой карточке — число от 1 до 5 (каждая пятёрка уникальна, единиц — по 3 копии, остальных — по 2 копии);
- ▶ цель игры — разложить на столе карточки всех цветов, причём карточки каждого цвета должны выкладываться по возрастанию.

Настольная игра «Ханаби»

Возможные действия игроков:

- ▶ выложить карточку на стол;
- ▶ дать подсказку другому игроку «это все твои карточки такого-то цвета» или «это все твои карточки с таким-то числом» — при этом тратится жетон подсказки;
- ▶ выбросить карточку с руки — при этом возвращается жетон подсказки;
- ▶ взамен выложенной или выброшенной карточки берётся новая из колоды;
- ▶ всего 8 жетонов подсказок.

Настольная игра «Ханаби»



Формализация «Ханаби»

Карточка — упорядоченная пара (a_i, k_j) , где $a_i \in \{1, \dots, n\}$ — значение (то есть число, записанное на карточке), $k_j \in \{1, \dots, c\}$ — цвет карточки (в оригинальной игре $n = c = 5$).

Кратность карт r — это максимальное количество раз, которое карты появляются в колоде: то есть каждая карта встречается не более r раз (в оригинальной игре $r = 3$).

Колода карт — последовательность $\sigma = ((a_1, k_1), \dots, (a_N, k_N))$ из $N \leq n \cdot c \cdot r$ карт.

Размер руки h — это максимальное количество карт, которое игрок может держать в руке в любой момент игры. Карты в игре вытягиваются в порядке, определяемом последовательностью σ .

Проблематика «Ханаби»

Игры с несколькими игроками, ограниченной информацией и неполной коммуникацией представляют особую сложность для ИИ-агентов. «Ханаби» обладает всеми этими атрибутами.

В настоящий момент результаты многоагентного ИИ в «Ханаби» довольно скромные:

- ▶ игроки-новички выкладывают в среднем 18 карточек из 25;
- ▶ в self-play сценарии удалось добиться почти идеальных результатов (24.6/25), но это бессмысленно в кооперативных играх;
- ▶ в ad-hoc сценарии (в том числе играя с людьми) результаты оказываются ниже, чем в играх людей между собой.

Формализация «Ханаби»

Урезанная версия:

- ▶ один игрок раскладывает «пасьянс», зная колоду σ ;
- ▶ жетоны подсказок не нужны;
- ▶ при вытягивании новой карты доступны три варианта:
 - сбросить её;
 - сохранить в руке, чтобы сыграть её позже (с учётом размера руки h);
 - сразу сыграть, не кладя её в руку.

Размер руки h соответствует размеру руки $h + 1$ в исходных правилах игры.

Формализация «Ханаби»

- ▶ можно сыграть карту (a_i, k_j) (при $a_i > 1$), когда последней сыгранной картой цвета k_j была (a_{i-1}, k_j) , или если $a_i = 1$ и не было сыграно ни одной карты цвета k_j ;
- ▶ цель — сыграть все карты от 1 до n всех s цветов.

Если такое возможно, говорим, что существует *выигрышная последовательность игры* для колоды карт σ .

Задача «Ханаби» — по колоде σ и размеру руки h определить, существует ли выигрышная последовательность для σ , при которой в руке никогда не окажется более h карт.

Результаты

Baffier J. F. et al. Hanabi is NP-hard, even for cheaters who look at their cards //Theoretical Computer Science. – 2017. – Т. 675. – С. 43-55

- ▶ общий случай: $O(N(h^2 + hc)c^h n^{h+c-1})$;
- ▶ $r = 1$: $O(N) = O(cn)$;
- ▶ $c = 1$: $O(N + n \log h)$;
- ▶ $h \geq 2, r \geq 2$ или $h = 1, r \geq 3$: NP-полнота.

Результаты

Оноприенко А.А. NP-полнота игры «Ханаби» при минимальных параметрах // Доклады РАН. Математика, информатика, процессы управления. — 2025 (в печати).

- ▶ $n = 2$: $O(N) = O(cr)$;
- ▶ $n = 3, h = 1$: $O(N) = O(cr)$;
- ▶ $n = 3, h \geq 2, r \geq 2$: NP-полнота.

Задача «Ханаби» зависит от 4 параметров: n, c, r, h . Нами доказана NP-полнота задачи при малых значениях n, r, h (c неограничено).

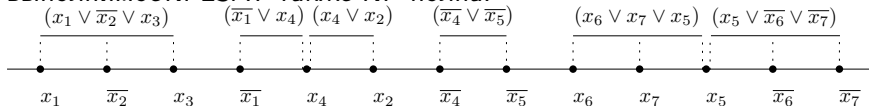
При уменьшении любого из этих параметров задача «Ханаби» оказывается разрешимой за полиномиальное время и теряет NP-трудность (при условии $P \neq NP$).

Идея доказательства NP-полноты

Baffier J. F. et al.: сводили задачу 3SAT к задаче «Ханаби».

A.O.: удалось свести задачу LSAT к задаче «Ханаби».

LSAT — это формула типа 3SAT, в которой каждый кюз (рассматриваемый как множество литералов) пересекает не более одного другого кюза, и, более того, если два кюза пересекаются, то у них есть ровно один общий литерал. Задача выполнимости LSAT также NP-полна.



«Линейность» формулы позволила уменьшить параметры задачи.

Сведение Baffier J. F. et al. работает при ограниченном n (порядка $n = 30$).

Спасибо за внимание!