

УДК 004.81/004.89

Функциональная модель эмоций в обучении с подкреплением

Лятифов Роман Эйнулла оглы^(*)

relyatifov@mail.ru

SPIN-код: 6774-2090

Косыгин Егор Владимирович

egor_tech23@mail.ru

SPIN-код: 8561-7383

Савельева Ирина Денисовна

saveleva.i@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. В работе показано, что эмоции могут быть формализованы как внутренние сигналы в архитектурах обучения с подкреплением (RL), влияющие на адаптацию и выбор стратегий поведения агента. Исследование направлено на построение когнитивных моделей, связывающих эмоции с ошибками предсказания, функцией ценности, неопределенностью и мотивационными факторами.

Ключевые слова: когнитивное моделирование, эмоции, обучение с подкреплением, адаптивное поведение, эмоциональный ИИ

Введение. Эмоции эволюционно возникли как адаптивные механизмы, усиливающие выживание организма. Современные когнитивные теории (predictive coding, теория мотивационно-потребностной природы эмоций) показывают, что эмоции выполняют функцию сигнала несоответствия ожиданий и реальности, корректируя поведение [1, 2]. В машинном обучении эмоции чаще рассматриваются как задача классификации, однако их можно описывать и как архитектурные механизмы RL, определяющие стратегии агента [3].

Материалы и методы; результаты. Исследование основано на анализе работ по когнитивным наукам, психологии эмоций и алгоритмам RL. В качестве базовых концепций использованы: модели RL (функция ценности, prediction error, неопределенность) [4]; психоэволюционная теория эмоций Р. Плутчика [5]; теория потребностно-информационной природы эмоций П.В. Симонова [6]; Байесовская механика и теория марковских одеял [2]; теория двойной обработки информации (Канемана) К. Канемана [7].

Формализация эмоций в терминах RL может быть представлена следующим образом:

- ошибка предсказания (δ) интерпретируется как источник положительных эмоций (радость, предвкушение) при высоких положительных значениях и отрицательных эмоций (страх, гнев, печаль) при высоких отрицательных значениях;

- функция ценности $V(s)$ отражает эмоциональную оценку состояния: высокие значения соответствуют доверию и радости, низкие — страху и печали;

- уровень неопределенности связан с эмоциями: высокая неопределенность соответствует удивлению и любопытству, низкая — доверию и спокойствию;

– внутренние награды трактуются как эмоциональные сигналы, изменяющие параметры обучения и способствующие адаптивному поведению.

Разработана концептуальная модель, раскрывающая соответствия эмоций RL-механизмам (например, страх ↔ состояния с низкой Q-ценностью, радость ↔ положительное подкрепление, удивление ↔ ошибка предсказания). Рассмотрены теоретические сценарии экспериментов: «страх» приводит к избеганию и замедлению траекторий; «удивление» инициирует остановку и переоценку модели; «любопытство» стимулирует исследование новых зон. Такая архитектура демонстрирует более адаптивное и выразительное поведение по сравнению с классическим RL.

Полученные результаты подтверждают гипотезу о том, что эмоции можно трактовать как вычислительные механизмы адаптации. Это согласуется с теориями предсказательного кодирования и когнитивными моделями ценности. В отличие от традиционных моделей RL, использование «эмоциональных» сигналов улучшает устойчивость агента к неожиданным событиям и делает его поведение более интерпретируемым для человека.

Заключение. Эмоции могут быть формализованы в терминах обучения с подкреплением как сигналы ошибки предсказания, изменения ценности и уровня неопределенности. Такая интеграция позволяет создавать агентов с более гибким, адаптивным и «человеко-понятным» поведением, открывая перспективы для разработки эмоционального ИИ и когнитивной робототехники.

Список источников

- [1] Friston K. A theory of cortical responses. *Philosophical transactions of the Royal Society B: Biological sciences*, 2005, vol. 360, no. 1456, pp. 815–836.
- [2] Ramstead M.J.D. et al. On Bayesian mechanics: a physics of and by beliefs. *Interface Focus*, 2023, vol. 13, no. 3, art. no. 20220029.
- [3] Лятифов Р.Э. Обучение с подкреплением как универсальный механизм когнитивного моделирования. *Студенческая научная весна. Всерос. студенческой конф., посв. 85-летию со дня рождения академика И.Б. Федорова: сб. тез.* Москва, Научная библиотека, 2025, с. 555–556.
- [4] Sutton R.S., Barto A.G. *Reinforcement Learning: An Introduction*. MIT Press, 2018.
- [5] Plutchik R. The nature of emotions: Human emotions have deep evolutionary roots, a fact that may explain their complexity and provide tools for clinical practice. *American scientist*, 2001, vol. 89, no. 4, pp. 344–350.
- [6] Симонов П.В. *Мотивированный мозг*. Москва, Наука, 1987, 266 с.
- [7] Канеман Д. *Думай медленно... решай быстро* = *Thinking, fast and slow*. Москва, АСТ, 2018, 653 с.