



Программное приложение для вычисления параметров простейшего эмоционального воспитания робота, реагирующего на звуковые стимулы

Е.С. Шестаков

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь,
Россия*

Аннотация: Описана проблема расчета простейшего эмоционального воспитания робота. Представлены основные соотношения эмоционального воспитания роботов – цифровых двойников человека с неабсолютной памятью. Получена формула простейшего эмоционального воспитания робота с использованием амплитуды звукового сигнала, воздействующего на робота, а также соотношения для оценки параметров простейшего воспитания робота. Описана компьютерная программа, позволяющая рассчитать элементарное воспитание, коэффициент памяти и предельное воспитание робота с помощью аудиофайла, который представляет собой звуковой сигнал, воздействующий на робота. Определен характер зависимости между параметрами простейшего воспитания и длиной шага дискретизации. Выявлены наиболее подходящие значение для длины шага дискретизации.

Ключевые слова: робот, воспитание, коэффициенты памяти, амплитуда звукового сигнала, математическая модель, психология роботов, предельное воспитание, элементарное воспитание, компьютерная программа, частота дискретизации.

Введение

В настоящее время разработаны общие математические модели, позволяющие вычислять простейшее воспитание робота – цифрового двойника человека [1] на основе входных данных, полученных с помощью компьютерной программы VibraImage компании Elsys [2], согласно подсчитанному среднему количеству микровибраций головы человека, размещенного перед веб-камерой компьютера. Однако не всегда удается использовать программу VibraImage в конкретных ситуациях. Целью настоящей статьи является описание алгоритма и программного приложения для вычисления параметров простейшего эмоционального воспитания робота согласно амплитуде звукового стимула [7], воздействующего на робота. Эмоциональные роботы, то есть роботы, обладающие эмоциональным интеллектом – это новый шаг в развитии робототехники [3-5], например, на основе математической теории эмоциональных роботов в [6] описывается

модель гипноза роботов. Данное исследование показывает, что футуристические прогнозы о поведении роботов в скором времени могут быть воплощены в жизни.

Проблема эмоционального воспитания робота заключается в том, что его сложно измерить в реальности. Для решения этой проблемы эмоциональное воспитание робота выражается через амплитуду звукового сигнала, который воздействует на него.

Общая модель эмоционального воспитания робота описана в [1] и имеет следующий вид:

$$R_i = r_i + R_{i-1}\theta_i,$$

где i - такт воспитания робота, R_i - суммарное воспитание робота на такте i , r_i - элементарное воспитание робота, полученное на такте i , θ_i - коэффициент памяти робота на такте i .

Если принять, что $r_i = q = const$ и $\theta_i = \theta = const$, то получим формулу простейшего воспитания робота

$$R_i = q + R_{i-1}\theta.$$

Данное выражение позволяет аппроксимировать реальные значения воспитания робота и определить значения для элементарного воспитания, коэффициента памяти и предельного воспитания. В работе [8] приведены соотношения, позволяющие на основе измеренных значений воспитания робота определять параметры простейшего воспитания. Эти соотношения имеют следующий вид:

$$\theta = \frac{\sum_{q \in \Omega} R_{i-1} \sum_{q \in \Omega} R_{i-n} + \sum_{i=1}^n R_{i-1} R_i}{(\sum_{q \in \Omega} R_{i-1})^2 - n + \sum_{i=1}^n R_{i-1}^2}, \quad (1)$$

$$q = \frac{\sum_{q \in \Omega} R_{i-1} \sum_{i=1}^n R_{i-1} R_i - \sum_{i=1}^n R_{i-1}^2 \sum_{q \in \Omega} R_i}{(\sum_{q \in \Omega} R_{i-1})^2 - n + \sum_{i=1}^n R_{i-1}^2}. \quad (2)$$

Рассмотрим способ, который на основе звуковых стимулов, вызывающих эмоции робота, позволяет вычислять параметры простейшего воспитания робота.

Согласно [1] в качестве эмоции робота может выступать любая функция вида:

$$M(t) = A \sin \left(\frac{\pi}{T_0 - t_0} (t - t_0) \right),$$

где $M(t)$ - эмоции робота в момент времени t , T_0 , t_0 – верхняя и нижняя границы интервала соответственно, на котором производится расчет эмоции робота, A - амплитуда воздействующего звукового сигнала. Таким образом, формулы (1) и (2) могут быть преобразованы к следующей форме:

$$\theta = \frac{\sum_{q \in \Omega} A_{i-1} \sum_{q \in \Omega} A_i - n + \sum_{i=1}^n A_{i-1} A_i}{(\sum_{q \in \Omega} A_{i-1})^2 - n + \sum_{i=1}^n A_{i-1}^2},$$

$$q = \frac{\sum_{q \in \Omega} A_{i-1} \sum_{i=1}^n A_{i-1} A_i - \sum_{i=1}^n A_{i-1}^2 \sum_{q \in \Omega} A_i}{(\sum_{q \in \Omega} A_{i-1})^2 - n + \sum_{i=1}^n A_{i-1}^2}.$$

Полученные соотношения позволяют вычислить параметры простейшего воспитания робота на основе амплитуды звукового сигнала, на него воздействующего.

Модель воспитания робота, описанная выше, была использована для написания компьютерной программы, которая позволяет записать аудиофайл, извлечь из него амплитуду звукового сигнала и на ее основе

рассчитать реальное воспитание робота, а также элементарное воспитание, коэффициент памяти и предельное воспитание.

Описание компьютерного приложения

Программа расчета параметров простейшего воспитания написана на языке Java. Она состоит из двух форм: форма записи аудиофайла и форма для вычисления необходимых параметров.

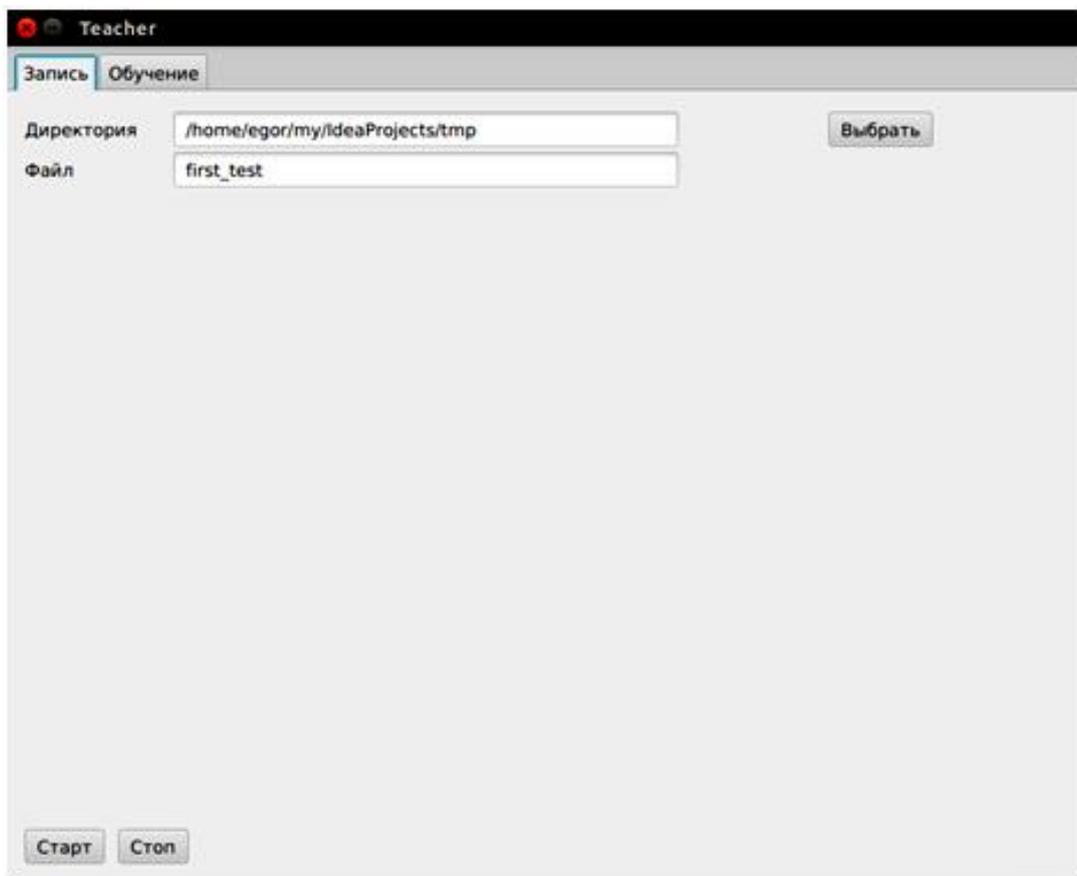


Рис. 1. - Форма записи аудиофайла

На форме записи аудиофайла (см. рис. 1) пользователю предоставляется возможность записать аудиофайл в формате wav, для этого он должен проделать следующую последовательность действий:

- 1) Нажать кнопку "Выбрать", откроется диалоговое окно, в котором нужно указать путь к каталогу на компьютере, где будет сохранен файл.

- 2) В поле для ввода, которое помечено как “файл”, ввести название файла.
- 3) Нажать кнопку “Старт”, ниже полей ввода появится отметка “запись...”, которая показывает, что запись началась.
- 4) Воспроизвести звуковой сигнал.
- 5) Нажать кнопку “Стоп”. В выбранной директории с указанным названием будет создан аудиофайл.

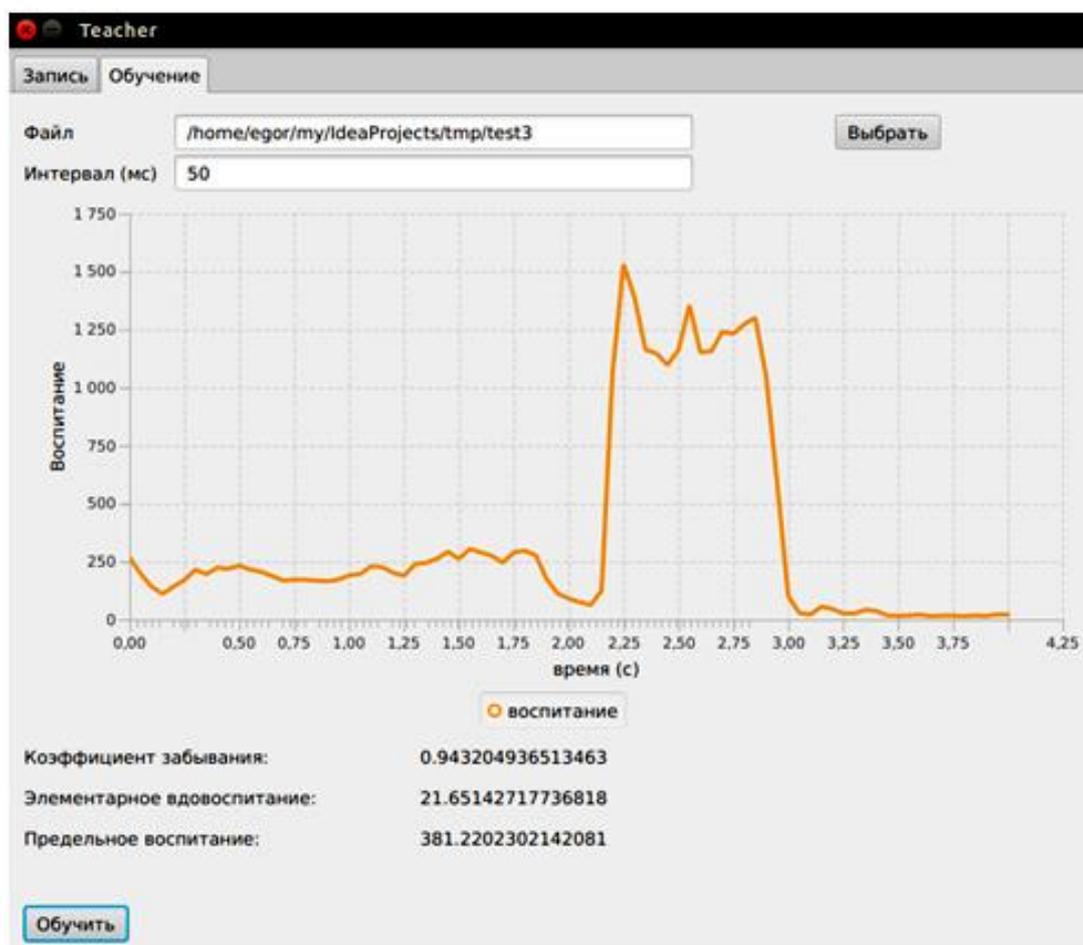


Рис. 2. - Форма расчета параметров простейшего воспитания

На форме вычисления параметров простейшего воспитания (см. рис. 2) пользователь может определить элементарное воспитание, коэффициент памяти, а также предельное воспитание, для этого ему необходимо:

- 1) Нажать кнопку “Выбрать” и найти в открывшемся диалоговом окне аудиофайл для исследования.

- 2) Указать длину интервала дискретизации звукового сигнала в миллисекундах.
- 3) Нажать кнопку “Обучить”.

В результате этих действий на графике появится зависимость реального воспитания робота, рассчитанного на основе амплитуды звукового сигнала аудиофайла, который был указан в поле “Файл”, от времени; а в левом нижнем углу формы - значения целевых параметров.

Особенности работы программы

Для работы с аудиофайлами была использована библиотека Sound API, которая имеет официальную документацию [9] и содержит все необходимые для работы функции: запись файла, чтение файла, определение амплитуды звукового сигнала.

Представление звукового сигнала в дискретной форме описано в [10]. Для работы с аудиофайлами были выбраны следующие настройки:

- 1) Частота дискретизации - 16000
- 2) Число бит для хранения одного сэмпла - 16
- 3) Количество каналов - 1
- 4) Порядок байтов от младшего к старшему

Чтобы разработать графический интерфейс приложения была выбрана платформа JavaFx так, как:

- 1) Существует конструктор интерфейсов, Scene Builder, который значительно упрощает разработку.
- 2) Язык FXML, который используется в JavaFX не компилируемый, то есть не нужно пересобирать приложение, чтобы увидеть изменения.
- 3) Предоставляется понятное разделение интерфейса и логики.

Алгоритм работы программы

- Программа считывает аудио файл.
- Файл делится на отрезки, равные длине интервала дискретизации.
- Для каждого отрезка считается среднее значение амплитуды сигнала, как сумма сэмплов, деленная на их количество.
- Рассчитывается эмоциональное воспитание робота для каждого отрезка.
- На основе полученных значений строится график зависимости воспитания робота от времени.
- Рассчитываются параметры простейшего воспитания через полученное эмоциональное воспитание.

Обоснование выбора языка программирования

Для реализации приложения был выбран язык Java, так как он имеет ряд преимуществ, при решении данной задачи:

- 1) Компьютерная программа на языке Java может запускаться на разных платформах (linux, windows);
- 2) Конструктор интерфейса для ускорения написания настольного приложения;
- 3) Простота языка;
- 4) Профессиональная среда разработки, доступная бесплатно;
- 5) Наличие библиотеки для работы со звуком;
- 6) Полная документация.

Зависимость параметров простейшего воспитания от длины шага дискретизации

Для выявления характера зависимости параметров простейшего воспитания от интервала дискретизации был записан аудио - файл. На этой аудиозаписи мужчина читает фрагмент стихотворения Иосифа Бродского “Не выходи из комнаты, не совершай ошибку...” с повседневной интонацией.

Длина файла составила 16.5 секунд. Записанный аудиофайл был использован для расчета элементарного воспитания, коэффициента памяти и предельного воспитания для различных длин интервала дискретизации звукового сигнала, начиная с 1 миллисекунды и заканчивая 100 миллисекундами. Результаты расчетов приведены в таблице №1.

Таблица №1

Влияние длины интервала дискретизации звукового сигнала на значения параметров простейшего воспитания

Интервал дискретизации, мс	Элементарное воспитание	Коэффициент памяти	Предельное воспитание	Время расчета, с
1	498.429	0.900	4969.837	18
2	220.879	0.912	2512.135	4
3	94.775	0.942	1640.232	3
4	79.356	0.937	1263.319	2
5	57.550	0.942	993.350	1
10	46.741	0.909	516.532	<1
15	46.972	0.863	342.284	<1
20	44.224	0.814	237.879	<1
25	38.521	0.778	173.734	<1
50	32.928	0.595	81.376	<1
100	24.199	0.449	43.950	<1

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что параметры простейшего воспитания обратно пропорционально зависят от длины шага дискретизации. То есть, с увеличением длины интервала элементарное воспитание, коэффициент памяти и предельное воспитание уменьшаются. При этом стоит отметить, что коэффициент памяти начал уменьшаться не сразу, а принял свои максимальные значения при длине такта 3 и 5 секунд; элементарное воспитание и предельное воспитание в свою очередь приняли максимальное значение при длине интервала в 1 секунду.

Заключение

В ходе выполнения работы была написана компьютерная программа, позволяющая записывать аудиофайлы в формате wav и, используя амплитуду аудиофайла данного формата, рассчитать элементарное воспитание, коэффициента памяти, предельное воспитание. С использованием программы был проведен эксперимент по определению характера зависимости параметров простейшего воспитания от длины интервала дискретизации звукового сигнала. В результате была выявлена обратная зависимость. При расчетах необходимо минимизировать длину интервала дискретизации, чтобы оценка параметров простейшего обучения была точнее, так как в таком случае будет рассчитано большее количество значений реального воспитания, но при этом нужно учитывать, что расчет параметров может существенно замедлиться. Таким образом важным аспектом, раскрытым в статье, является создание компьютерной программы, позволяющей вычислять параметры простейшего воспитания робота – цифрового двойника человека на основе звукового сигнала, поступающего на вход аппаратуры робота. Положительной стороной предлагаемой программы является то, что впервые рассмотрен вопрос моделирования “психологического” поведения роботов, реагирующих на звуковые стимулы.

Литература

1. Пенский О. Г. Математические модели цифровых двойников: учебное пособие. Пермь, изд-во ПГНИУ. 2019. 157 с.
 2. ЭЛСИС // URL: elsys.ru (дата обращения: 11.11.2020)
 3. Darmanin G. On the possibility of emotional robots // Journal of philosophy Aurora. 2019. №31.DOI: 10.7213/1980-5934.31.054.DS08
 4. Luefeng Chen, Min Wu, Witold Pedrycz, Kaoru Hirota Experiments and Applications of Emotional Human-Robot Interaction Systems // Studies in Computational Intelligence. Springer, 2020. pp. 223-244. DOI: 10.1007/978-3-030-61577-2_13
 5. Фиговский О.Л. О научном приоритете пермских ученых в моделировании «психологии» цифровых двойников человека // Инженерный вестник Дона. 2020, №7. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_37_Figovsky_6.pdf_31833f41f5.pdf.
 6. Фиговский О.Л., Пенский О.Г. Математические модели гипноза роботов // Инженерный вестник Дона. 2020, №4. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_40__3y20_Figovsky.pdf_344daaeaa2.pdf
 7. Sound for music technology: An introduction. URL: open.edu/openlearn/science-maths-technology/engineering-and-technology/technology/sound-music-technology-introduction/content-section-6.1 (дата обращения: 15.02.2021)
 8. Пенский О.Г., Шарапов Ю.А., Ощепкова Н.В. Математические модели роботов с неабсолютной памятью и приложения моделей: монография. Пермь: изд-во ПГНИУ. 2018. 309 с.
 9. Java Sound Programmer Guide URL: docs.oracle.com/javase/8/docs/technotes/guides/sound/programmer_guide/contents.html (дата обращения: 15.02.2021)
-



10. Цифровой звук и частота дискретизации // URL: musicsystem.ru/info/1_0.htm (дата обращения: 15.02.2021)

References

1. Pensky O.G. Matematicheskiye modeli tsifrovyykh dvoynikov: uchebnoye posobiye [Mathematical models of digital twins: a tutorial]. Perm: Izdatel'stvo permskogo universiteta. 2019. 157 p.
 2. ELSYS. URL: elsys.ru (date of the application: 15.02.2021)
 3. Darmanin G. Journal of philosophy Aurora. 2019. №31. DOI: 10.7213/1980-5934.31.054.DS08
 4. Luefeng Chen, Min Wu, Witold Pedrycz, Kaoru Hirota. Springer, 2020. pp. 223-244. DOI: 10.1007/978-3-030-61577-2_13
 5. Figovskiy O.L. Inzhenernyy vestnik Dona 2020, №7. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_37_Figovsky_6.pdf_31833f41f5.pdf.
 6. Figovskiy O.L., Penskiy O.G. Inzhenernyy vestnik Dona 2020, №4. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_40__3y20_Figovsky.pdf_344daaeaa2.pdf
 7. Sound for music technology: An introduction. URL: open.edu/openlearn/science-maths-technology/engineering-and-technology/technology/sound-music-technology-introduction/content-section-6.1 (data of access: 15.02.2021)
 8. Pensky O.G., Sharapov Y.A., Oschepkova N.V. Matematicheskiye modeli robotov s neabsolyutnoy pamyat'yu i prilozheniya modeley: monografiya. [Mathematical models of robots with non-absolute memory and applications of models: monograph.] Perm: publishing house PSU. 2018. 309p.
 9. Java Sound Programmer Guide. URL: docs.oracle.com/javase/8/docs/technotes/guides/sound/programmer_guide/contents.html (data of access: 15.02.2021)
-



10. Digital audio and sampling rate. URL: musicsystem.ru/info/1_0.htm (data of access: 15.02.2021)