

УДК 519.688; 519.711.2; 51-77

АЛГОРИТМ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК КРАТКОВРЕМЕННОЙ ПАМЯТИ ЧЕЛОВЕКА В АСПЕКТЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ РОБОТОВ

Шарапов Ю.А., Левченко Е.В., Яковлев В.И.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждения высшего профессионального образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь, Россия, (614990, Пермь, ул. Букирева, 15), e-mail: j.a.sharapov@gmail.com

Для развития, решения проблем, верификации теории эмоциональных роботов ведется поиск эквивалентных понятий и методов вычисления их характеристик в психологии. В статье приводится описание метода Джекобса для определения объема кратковременной памяти человека. Применена математическая формализация этого метода, на основе которой вычисляется коэффициент кратковременной памяти человека. Показана возможность использования этого коэффициента для решения проблемы о единице измерения кратковременной памяти, а так же его применение в теории эмоциональных роботов в качестве коэффициента кратковременной памяти робота. Представлена конкретная программная реализация для нахождения коэффициента кратковременной памяти (ее интерфейс, функциональность и архитектура в целом), основанная на методе Джекобса. Описаны перспективы ее дальнейшего развития и преимущества ее использования психологами.

Ключевые слова: теория Эмоциональных роботов, робот, кратковременная память робота, кратковременная память человека, метод Джекобса, закон Миллера.

ALGORITHM AND SOFTWARE IMPLEMENTATION OF CALCULATION OF CHARACTERISTICS OF HUMAN'S SHORT-TERM MEMORY

Sharapov Y.A., Levchenko E.V., Yakovlev V.I.

Perm State University, Perm, Russia (614990, Perm, street Bookireva, 15), e-mail: j.a.sharapov@gmail.com

A search of equivalent concepts between the theory of Emotional robots and psychology is in a process. This point is necessary to develop the theory, solve its conceptual problems and verify its hypotheses. The paper includes a description of Jacobs' method for calculation a volume of human's short-term memory and levels of short-term memorizing. A mathematical formalization of the method is a base of determination of coefficient of human's short-term memory. An application of the coefficient helps to solve the problem of short-term memory's units in psychology that are unit of measurement of short-term memory. There is an opportunity of application the coefficient in the theory of Emotional robots. A software implementation based on Jacobs' method of calculation of coefficient of human's short-term memory is written in the paper. Several perspectives for the program development and advantages of using it by psychologists are described in the paper.

Key words: theory of emotional robots, robot, robot's short-term memory, human's short-term memory, Jacobs' method, Miller's Law

Введение

Теория эмоциональных роботов главным образом занимается построением модели коммуникации и взаимодействия между роботами. Это является ее основной целью. Она предполагает дальнейшее развитие понятийного аппарата, в т.ч. для описания характеристик памяти робота.

Проведение параллелей между характеристиками памяти человека и робота может дать новые идеи для построения модели коммуникации между роботами. Как, например, применение гипотезы советского психолога Д.Н. Узнадзе помогло решить проблему пресыщения воспитания робота [4]. С другой стороны, использование некоторых характеристик человека для вычисления показателей робота, сопоставимых с человеческими, может обосновать или опровергнуть применимость теории эмоциональных роботов для описания некоторых сторон психической деятельности человека.

Цель исследования

Цель данного исследования состоит в том, чтобы найти психологический метод для определения объема кратковременной памяти человека, адаптировать его для нахождения коэффициента кратковременной памяти человека таким образом, чтобы его можно было использовать в качестве эквивалента коэффициента кратковременной памяти робота.

Материал и методы исследования

Один из психологических методов определения объема кратковременной памяти человека является метод Джекобса [6], основанный на законе Миллера [2], который говорит о том, что емкость кратковременной памяти составляет 7 ± 2 объекта. Метод Джекобса заключается в следующем. Для определения кратковременной памяти человека проводятся n серий испытаний. В каждой серии испытуемому предъявляются r последовательностей цифр, начиная с минимальной длины l и увеличивая длину последовательности на k . В каждой последовательности не должно быть повторяющихся цифр. Пример последовательностей цифр одной серии испытаний при $r = 7$, $l = 4$, $k = 1$ – 5840; 46023; 254061; 7842369; 34086125; 598623174; 4520761938.

На практике последовательности предъявляются испытуемому с интервалом 1 секунда. После просмотра каждой последовательности через 2-3 секунды испытуемые воспроизводят элементы ряда в том же порядке, в каком они предъявлялись. Объем кратковременной памяти человека определяется по формуле [6]

$$V = A + \frac{C}{n} + \frac{k}{2}, \quad (1)$$

где A – наименьшая длина последовательности, который испытуемый во всех сериях воспроизвел правильно, C – количество правильно воспроизведенных последовательностей, длина которых больше, чем A .

В таблице 1 можно найти оценку уровней объема кратковременного запоминания для анализа результатов по методу Джекобса [1].

Таблица 1. Шкала оценки уровня кратковременного запоминания

Объем памяти V	Уровень кратковременного запоминания
10	очень высокий
8-9	высокий
7	средний
6-5	низкий
3-4	очень низкий

Запоминание, равное 10, как правило, является следствием использования испытуемым логических средств или специальных приемов мнемотехники. Если получен очень низкий уровень запоминания, то исследование памяти испытуемого обычно повторяют через несколько дней. В норме объем памяти 3-4 вызывается непринятием инструкции.

Использование коэффициента для оценки кратковременной памяти человека

В человеческую кратковременную память попадают разные объекты: цифры, буквы, геометрические фигуры, объекты реального мира и т.д. Перед психологами «встает вопрос об измерении «размера» элемента, который входит в кратковременную память» [3], т.е. вопрос о единице изменения или базовой единице памяти.

Существует «правило, согласно которому объем кратковременной памяти не зависит от количества информации в отдельном элементе, а определяется постоянным числом ячеек памяти, которые могут быть как богаты, так и бедны информацией» [3]. Следовательно, для исследования кратковременной памяти можно использовать относительные или безразмерные величины, которые будут сравнимы при запоминании различных объектов. Таким образом, целесообразно перейти к измерению коэффициента кратковременной памяти θ , определяющего часть запоминаемой информации от общего поступившего количества информации. Для этого воспользуемся аналитической формулой объема кратковременной памяти по методу Джекобса (1).

Из формулы (1) следует, что величина V не подходит в качестве коэффициента кратковременной памяти человека, т.к. значения коэффициента θ должны принадлежать отрезку $[0,1]$, в то время как в общем случае справедливо неравенство $V \geq A \geq l > 1$.

Для получения коэффициента кратковременной памяти человека θ необходимо выполнить нормировку значения объема кратковременной памяти человека V :

$$\theta = \frac{V - V_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}}. \quad (2)$$

V достигает минимума в том случае, если тестируемый человек не запомнил ни одной последовательности цифр, т.е. $A = 0$, $C = 0$. Тогда $V_{\min} = 0 + \frac{0}{n} + \frac{k}{2} = \frac{k}{2}$.

Для нахождения максимума функции $V(A, C)$ преобразуем ее к функции, зависящей только от параметра A . Количество последовательностей цифр, предложенных испытуемому во всех сериях, обозначим $r \cdot n$. Максимальная длина последовательности в каждой серии испытания равна m , где $m = l + (r - 1)k$. Минимальное количество последовательностей h , которые испытуемый воспроизвел правильно среди всех серий испытания, имеет вид $h = \frac{A - l}{k} + 1$. Количество последовательностей, которые испытуемый воспроизвел точно не правильно, $r - h$.

Максимальное количество правильно воспроизведенных последовательностей, длина которых больше чем A , во всех сериях, будет вычисляться по формуле $C_{\max} = rn - hn - (r - h)$. После преобразований получаем $C_{\max} = \frac{1 - n}{k}A + \frac{n - 1}{k}l + (n - 1)(r - 1)$.

Для нахождения V_{\max} подставим C_{\max} в функцию $V(A, C)$. Обозначая $\bar{V}(A) = V(A, C_{\max})$, получим соотношение $\bar{V}(A) = \left(1 - \frac{n - 1}{nk}\right)A + \frac{n - 1}{nk}l + \frac{(n - 1)(r - 1)}{n} + \frac{k}{2}$.

Очевидно, что $\bar{V}(A)$ является линейной функцией относительно A , где $A \in [l, m]$, $Q = 1 - \frac{n - 1}{nk}$, $P = \frac{n - 1}{nk}l + \frac{(n - 1)(r - 1)}{n} + \frac{k}{2}$. Исследуем функцию $\bar{V}(A) = Q \cdot A + P$ на максимум.

Отметим, что согласно практическому смыслу задачи $n, r, l, k \in \mathbb{N}$. Отсюда $Q > 0$ и $P > 0$. Это означает, что $\bar{V}(A)$ достигает максимума в точке m (рис. 1).

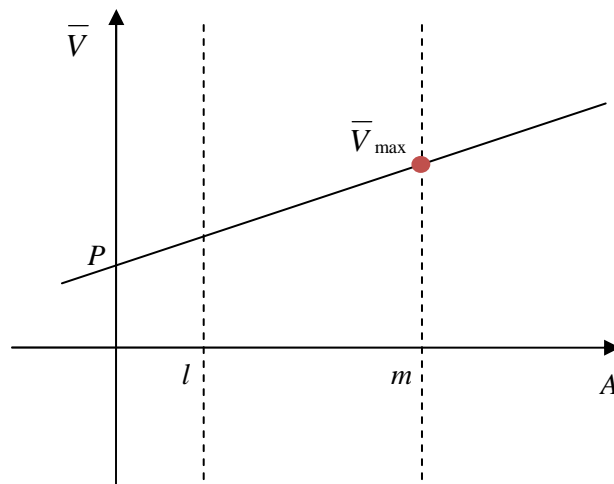


Рис. 1 Максимум функции $\bar{V}(A)$

Отметим, что согласно построению, справедлива цепочка равенств $\bar{V}(m) = V(m) = V_{\max}$.

Основываясь на проведенном исследовании, подставив V_{\min} и V_{\max} в формулу (2), получаем коэффициент кратковременной памяти человека, который примет вид

$$\theta = \frac{A + \frac{C}{n}}{\left(1 - \frac{n-1}{nk}\right)(l + (r-1)k) + \frac{n-1}{nk}l + \frac{(n-1)(r-1)}{n}} \quad (3)$$

Таким образом, коэффициент кратковременной памяти человека показывает, какую долю информации человек способен точно воспроизвести после ее однократного предъявления.

В теории эмоциональных роботов [5] приведено математическое определение коэффициента кратковременной памяти робота, который является относительной величиной и лежит в интервале [0,1]. Поэтому коэффициент (3) по формальным математическим свойствам может быть использован в качестве коэффициента кратковременной памяти робота.

Программная реализация

Для практического определения коэффициента кратковременной памяти человека разработан демонстрационный прототип программы, использующий метод Джекобса.

При запуске программы пользователю предлагается заполнить анкетные данные (Рис. 2), где он может в т.ч. на свое усмотрение оценить свою память до начала тестирования.

Рис. 2 Заполнение анкеты в программе

После изучения небольшой инструкции испытуемый начинает тестирование, в процессе которого на экране монитора появляются цифры (Рис. 3), которые испытуемому необходимо запомнить.

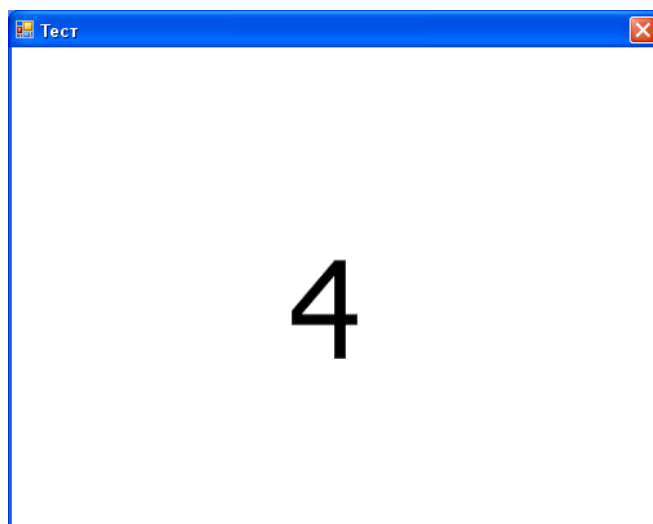


Рис. 3 Тестирование. Вывод изображения цифр

Для получения репрезентативной последовательности цифр для тестирования используется генератор псевдослучайных чисел из диапазона от 0 до 9. Последовательности цифр выводятся на экран. Каждая последовательность не содержит повторяющихся цифр. После того как система выведет на экран все цифры последовательности, пользователю предлагается ввести, те цифры, которые он запомнил (Рис. 4).

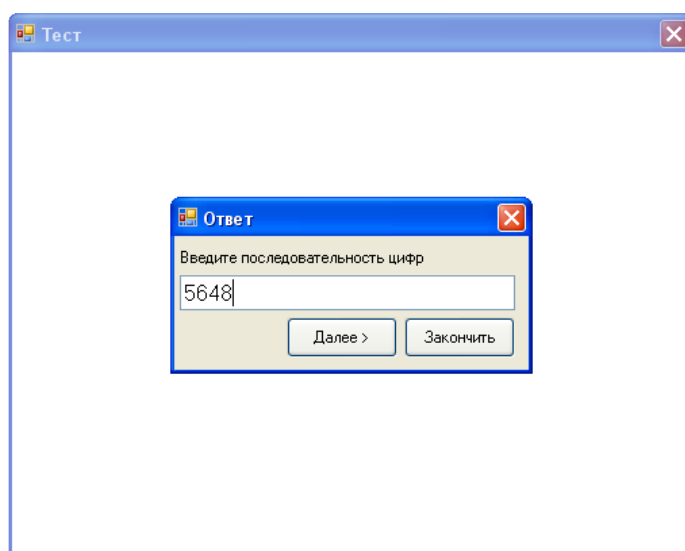


Рис. 4 Тестирование. Ввод цифр пользователем

В файле `psysettings.xml` находятся настройки, предназначенные для адекватного использования метода Джекобса. Эти настройки определяют количество серий испытаний, величину удлинения цифрового ряда, время между предъявлениями рядов, название шрифта, жирность, курсив, подчеркнутость и др.

Фразы для мультиязычного интерфейса пользователя задаются в файле `settings.xml`. Есть возможность расширять количество языков интерфейса программы без перекомпиляции программы. В данной версии есть возможность переключения на английский вариант интерфейса.

Программа написана на языке C# в среде разработки Microsoft Visual Studio 2008.

Исследователь имеет возможность указать в программе электронный адрес, на который он хотел бы получать файлы с результатами экспериментов. После проведения тестирования программный продукт создает сериализованный файл с результатами, который может быть отправлен на электронный ящик экспериментатора. Для передачи электронной почты используется низкоуровневый протокол SMTP (Рис. 5). Предложенное решение на уровне психолога-исследователя может быть использовано для получения и агрегации результатов.

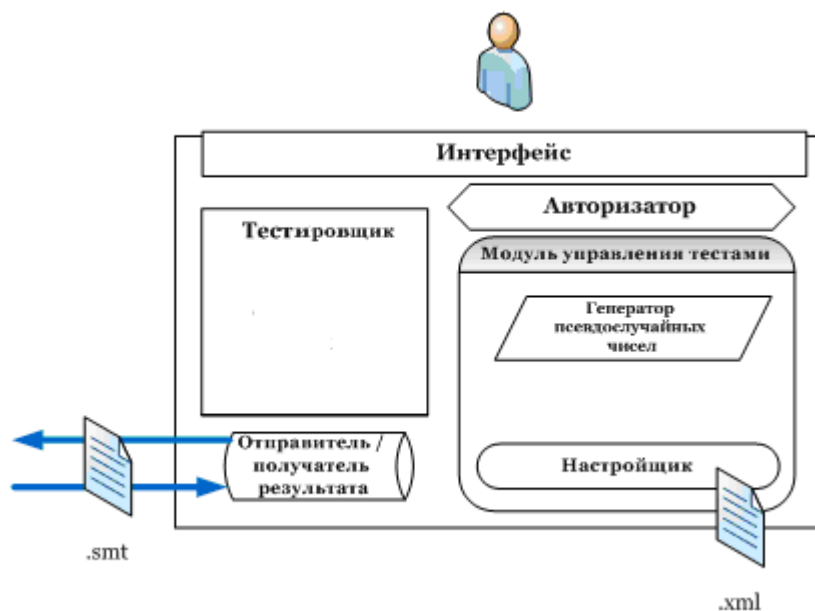


Рис. 5 Архитектура программного продукта

Результаты исследования

Результатом исследования является введение коэффициента кратковременной памяти человека, который является относительной и безразмерной характеристикой, решающей проблему единиц измерения памяти. Так же результатом работы является демонстрационный прототип программы, реализующий метод Джекобса и определяющий коэффициент кратковременной памяти человека.

Заключение

В перспективе программа должна перерасти в программный продукт, который будет использоваться для верификации положений теории эмоциональных роботов, возможностей ее применения для описания взаимосвязей характеристик памяти человека.

Расширение функциональности программы и увеличение количества настроек позволит автоматизировать создание новых методик исследования памяти и проведение их верификации. Программа представляет собой не просто воплощение определенных методов, но также оставляет место для творчества психолога-исследователя, позволяя ему адаптировать тест под необходимую выборочную совокупность.

Автоматизация психологических тестов избавляет от рутинной обработки, исключает субъективный фактор тестирующего во время проведения эксперимента, снижает риск ошибки при подсчетах результатов. Появляется возможность использовать старые, проверенные годами тесты, настраивая их параметры, и, в то же время, создавать новые методики и автоматизировать их верификацию.

Список литературы

1. Исследование кратковременной памяти по методике Джекобса. Логопед и психолог онлайн. URL: <https://sites.google.com/site/logopedonlain/psihologiceskaa-diagnostika-testy/psihologiceskaa-diagnostika-i-testy-dla-detej-ot-7-do-11-let/issledovanie-kratkovremennoj-pamati-po-metodike-dzekobsona> (дата обращения 24.07.2012)
2. Марютина Т.М., Кондаков И.М. Психофизиология. URL: <http://imp.rudn.ru/psychology/psychophysiology/7.html> (дата обращения 22.05.2012)
3. Нуркова В.В. Проблема объема кратковременной памяти. URL: <http://www.psychology-online.net/articles/doc-1490.html> (дата обращения 23.07.2012)
4. Пенский О.Г., Черников К.В. Гипотеза о психологических установках в аспекте математического моделирования процесса воспитания эмоциональных роботов // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 3 . – с. 129-132; URL: http://www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=7981915 (дата обращения: 21.05.2012)
5. Пенский О.Г., Черников К.В. Основы математической теории эмоциональных роботов: монография. – Пермь: Перм.гос.ун-т. – 2010. – 256с.
6. Психологический практикум «Память». Под ред. Дементий Л.И. URL: <http://window.edu.ru/resource/750/27750/files/05110197.pdf> (дата обращения 22.05.2012)

Рецензенты:

Пенский Олег Геннадьевич, доктор технических наук, профессор кафедры процессов управления и информационной безопасности Пермского государственного национального исследовательского университета.

Ясницкий Леонид Нахимович, доктор технических наук, профессор, Пермский государственный национальный исследовательский университет.

Шифр основной специальности, по которой выполнены работа: 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.