

Научная статья
УДК 004.021
doi: 10.17586/2713-1874-2022-1-34-40

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛА НА ОСНОВЕ ИНТЕРВАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ

Валерия Дмитриевна Мульдт^{1✉}, Татьяна Геннадьевна Максимова²

^{1,2}Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

¹muldtlera0@gmail.com ✉

²tgmaximova@itmo.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8532-7963>

Язык статьи – русский

Аннотация: Концепция интервального повторения является одним из самых эффективных методов запоминания новой информации. В данной работе определяется наилучшая модель управления процессом профессиональной подготовки персонала для использования в рамках мобильного приложения, которое обучает сортировке отходов. Первым этапом является нахождение всех существующих методик. Далее, на основе информации о сортировке отходов и будущем приложении выделяются критерии, по которым определяется, насколько данный способ или способы подходят для внедрения в проект. После определения критериев проводится сравнительный анализ моделей, определенных на первом этапе. Основной целью такого проекта является не только показать работнику, как сортировать мусор, но и позволить ему запомнить новую для него информацию эффективным образом. На основе проведенного анализа будет разработана модель (или несколько моделей), для использования в процессе обучения.

Ключевые слова: интервальное обучение, информационная система, мобильное приложение, модели и методы управления процессами

Ссылка для цитирования: Мульдт В.Д., Максимова Т.Г. Модели и методы управления процессами профессиональной подготовки персонала на основе интервального обучения // Экономика. Право. Инновации. 2022. № 1. С. 34–40. <http://dx.doi.org/10.17586/2713-1874-2022-1-34-40>.

MODELS AND METHODS FOR MANAGING THE PROCESSES OF PROFESSIONAL TRAINING OF PERSONNEL IN INTERVAL TRAINING

Valeria D. Muldt^{1✉}, Tatiana G. Maximova²

^{1,2}ITMOUniversity, Saint Petersburg, Russia

¹muldtlera0@gmail.com ✉

²tgmaximova@itmo.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8532-7963>

Article in Russian

Abstract: The concept of interval repetition is one of the most effective methods of memorizing new information. In this paper, the best model for managing the process of professional training of personnel for use in the framework of a mobile application that teaches waste sorting is determined. The first step is to find all the existing techniques. Further, based on information about waste sorting and the future application, criteria are identified by which it is determined whether this method or methods are suitable for implementation in the project. After defining the criteria, a comparative analysis of the models defined at the first stage is carried out. The main goal of such a project is not only to show the employee how to sort waste, but also to allow him to remember new information in an effective way. Based on the analysis, a model (or several models) will be developed for use in the learning process.

Keywords: information system, interval learning, mobile application, models and methods of process management

For citation: Muldt V.D., Maximova T.G. Models and Methods for Managing the Processes of Professional Training of Personnel in Interval Training. *Ekonomika. Pravo. Innovacii*. 2022. No. 1. pp. 34–40. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.17586/2713-1874-2022-1-34-40>.

Введение. В год население России производит около 40 миллионов тонн мусора, 93% которого вывозится на полигоны и свалки [1]. На данных объектах мусор начинает гнить, что приводит к распространению бактерий и токсичных продуктов, которые могут проникать в подземные воды и загрязнять почву. Размещение отходов на свалках ведет к выделению метана – одного из парниковых газов и опасных химических веществ. Один из способов избавления от мусора – сжигание, но он также имеет свои недостатки. В атмосферу выделяются вредные химические вещества. Все эти факторы представляют серьезную угрозу окружающей среде, что, в свою очередь, ведет к угрозе здоровья людей и животных. Грамотная система раздельного сбора мусора позволит сократить 90% отходов, которые будут переработаны. Такая система позволит уменьшить влияние на окружающую среду, сократить вредные выбросы и восстановить природную систему. На данный момент только 26% населения России сортирует мусор. Чтобы увеличить этот показатель, недостаточно просто сказать людям: «Сортируй-те!». Необходимо придумать систему, которая в интерактивной форме позволит запомнить, сколько типов отходов существует и в какие баки их надо складывать. В свою очередь, добавление интервального повторения в такую систему позволит людям запоминать полученную информацию на долгое время.

Постановка задачи (цель исследования). Раздельный сбор мусора – первый и очень важный шаг на пути к преобразованию модели обращения с отходами в нашем университете и во всем мире. Целью работы является определение наилучшей модели интервального повторения, которую можно использовать в обучающем приложении по сортировке мусора.

Основными задачами работы являются поиск существующих моделей, выделение критериев, по которым определяется, насколько модель подходит под внедрение в приложение, сравнительный анализ найденных моделей и выбор наилучшего решения.

Методика исследования.

Исследование в рамках данной работы включало в себя следующие методы:

1. *Метод контент-анализа.* Поиск и ис-

следование существующих моделей интервального повторения, выделение основных особенностей, плюсов и минусов каждой модели. Определение возможности поддержки разного типа информации и качества внедрения в разрабатываемое приложение.

2. *Метод сравнительного анализа.* Проведение сравнения найденных моделей на основе выделенных критериев, которые отражают возможность внедрения в проект.

Проведение первоначального исследования. Запоминание новой информации тесно связано с ее забыванием, как бы парадоксально это не звучало. Кривая забывания Эббингаузера – это график, который показывает, как информация забывается с течением времени [2]. Из Рисунка 1 видно, что в самом начале человек идеально помнит выученный материал, но по мере того, как проходит время, информация начинает постепенно забываться. Это отражает кривая, которая сглаживается для линии абсцисс – момент, когда вся информация забыта.

Модели интервального повторения используют кривую забывания Эббингаузера в своем алгоритме, чтобы напомнить о повторении информации в стратегически важные моменты и не позволять кривой приближаться к нулю. Использование данного метода позволяет напомнить пересмотреть информацию до того, как мозг успеет все забыть.

Также важно отметить, что существует концепция «теория неиспользования», которая определяет, что изучаемая информация усваивается крепче, когда мы возвращаемся к ней после того, как частично ее забыли. Это означает, что человек, используя метод интервального повторения, не только избегает потери данных, но и укрепляет выученную информацию, позволяя ее частично забыть, чтобы затем снова закрепить.

Вопрос о том, какой промежуток времени для интервальных повторений является оптимальным, изучается десятилетиями. Хотя четкого ответа пока нет, существует большое множество разработанных алгоритмов. Эти алгоритмы, как правило, создаются для разных задач, но все они объединяются тем, что пытаются определить наиболее оптимальные интервалы. В данной статье мы рассмотрим наиболее популярные и эффективные модели.

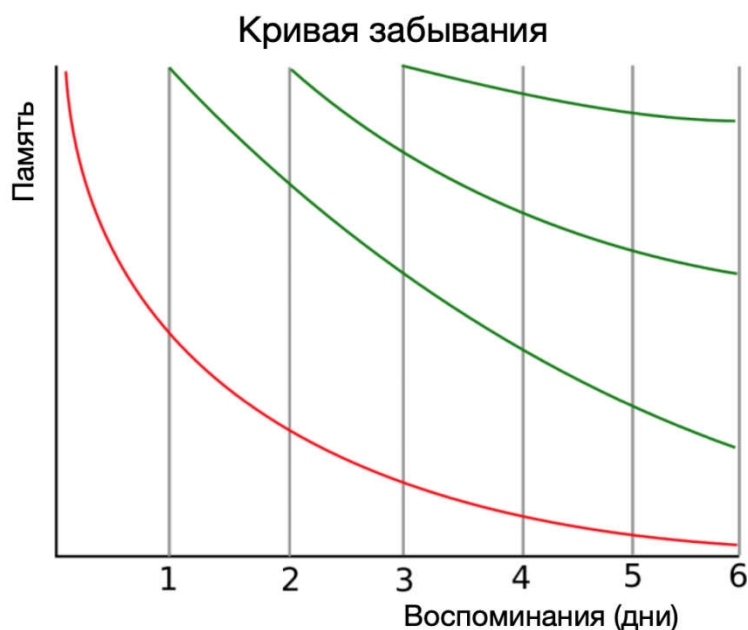


Рисунок 1 – Кривая забывания Эббингауза [2]

Система Лейтнера – один из первых репетиционных алгоритмов, включающий просмотр изучаемого материала через фиксированные промежутки времени [3]. Алгоритм был разработан Себастьяном Лейтнером,

немецким научным журналистом в 1972 году и широко используется по настоящее время благодаря своей простоте и эффективности. На Рисунке 2 представлен популярный вариант использования данного метода.



Рисунок 2 – Система Лейтнера для карточек [3]

Основная идея заключается в том, чтобы иметь несколько ячеек, соответствующих разным интервалам занятий [3]: 1 день, 2 дня, 4 дня и так далее. Все вопросы (карточки) начинаются с 1-дневного ящика, и если учащийся сможет вспомнить ответ через один день, то он «повысится» до 2-дневного ящика и так далее. Если ответ был неверным, то статус вопроса откатывается на один ящик назад.

Алгоритм The Super Memo. Алгоритмы интервального повторения Super Memo являются одними из самых известных в мире. Эти алгоритмы постоянно совершенствуются и оптимизируются с 1982 года, когда д-р Петр Возняк из Польши разработал свой первый алгоритм Super Memo [4].

Преимущества Super Memo перед более простыми алгоритмами (системой Лейтнера) в том, что Super Memo включает в себя спо-

способность обеспечивать точную оценку сложности карточек, и способность алгоритмов адаптироваться к учащемуся, основываясь на индивидуальности его мозга и памяти.

Последним выпущенным алгоритмом является SM-18, 2019 год. Однако данный алгоритм требует лицензирования, и получить к нему доступ можно только путем покупки лицензии. Поэтому рассмотрим алгоритм SM-2, который находится в открытом доступе.

Последовательность действий алгоритма SM-2 [4], который используется в электронном варианте метода SuperMemo и предполагает расчет коэффициентов простоты для отдельных заданий, следующая:

1. Разделить знания на мельчайшие элементы.
2. Со всеми предметами связать E-Factor, равный 2.5.
3. Повторять информацию, используя следующий расчет интервалов:

$$\begin{aligned} I(1) &:= 1 \\ I(2) &:= 6 \\ \text{for } n > 2: I(n) &:= I(n-1) * EF, \end{aligned}$$

где $I(n)$ – межповторный интервал после n -го повторения (в днях), EF (E-Factor) – коэффициент легкости, отражающий легкость запоминания и удержания в памяти, данного элемента.

Если результат представляет собой дробь, то необходимо округлить его до ближайшего целого числа.

4. Сразу после ответа оценить качество реакции на повторение по шкале от 0 до 5:

- 5 – идеальный ответ;
- 4 – правильный ответ после небольшого колебания;
- 3 – правильный ответ после длительного колебания;
- 2 – неверный ответ, где правильный казался легко вспомнить;
- 1 – неверный ответ, правильный вспомнил;
- 0 – ответ полностью забыт.

5. После каждого повторения необходимо пересчитать E-Factor недавно повторенного элемента по формуле:

$$EF' := EF + (0.1 - (5 - q) * (0.08 + (5 - q) * 0.02)),$$

где

EF' – новое значение E-Factor, EF – старое значение E-Factor, q – качество ответа по пятибалльной шкале.

Если EF меньше, чем 1.3, значит присвоить EF значение 1.3.

6. Если качество реакции на ответ было ниже трех, то повторение задания начинать с самого начала без изменения E-Factor, как если бы приходилось отвечать на вопрос заново.

7. После каждого захода на повторение в текущий день повторить еще раз все пункты, получившие менее четырех баллов реакции. И продолжать повторения до тех пор, пока все эти элементы не наберут не менее четырех.

Алгоритм Anki. Anki – одна из самых популярных в мире систем интервального повторения на основе карточек. Алгоритм Anki, основанный на оригинальном алгоритме SM-2 Петра Возняка, представляет собой систему с открытым исходным кодом, которую могут бесплатно использовать все учащиеся.

Так как Anki основан на SM-2, то рассмотрим основные отличия двух алгоритмов [5]:

1. SM-2 описывает исходный интервал в один день, последующий в шесть дней. С Anki появляется возможность полного контроля над длительностью начальных шагов обучения. Метод Anki понимает, что может возникнуть необходимость увидеть новую информацию несколько раз, прежде чем она будет запомнена.

2. Anki использует четыре варианта ответов на вопрос. Таким образом, существует только один вариант с ошибкой. Благодаря этому в дальнейшем можно отрегулировать легкость вопроса, просто изменив положительные ответы.

3. Ответы на вопросы позже запланированного времени будут учитываться при расчете следующего интервала, поэтому данные вопросы получают «бонус», так как будет считаться, что Вы опоздали с ответом, но информацию все еще помните.

4. Как в SM-2, отказ от ответа в Anki по умолчанию сбрасывает интервал вопроса. Но

в Anki вместо полного сброса пользователь может выбрать уменьшение интервала.

5. Легкость запоминания увеличивает коэффициент простоты (E-Factor) и также добавляет дополнительный «бонус» к текущему расчету интервала повторения.

Система Duolingo. Half-life Regression (HLR) – новая модель практики интервального повторения, используемая в приложениях по обучению иностранным языкам. HLR сочетает психолингвистическую теорию с современными методами машинного обучения, косвенно оценивая «период полураспада» слова или понимания в долговременной памяти учащегося [6]. В разработке данной модели использовались методы работы с «большими данными», такими как логистическая регрессия, и с использованием экспоненциальной функции кривой забывания Эббингауза.

Период полураспада слова в памяти рассчитывается с помощью следующей формулы:

$$h = 2^{\Theta * X}$$

где Θ – вес регрессионной модели, X – набор переменных, которые обобщают историю обучения слова.

HLR включает в себя поиск «лучшего» веса модели для Θ путем минимизации «функции потерь» l на каждом занятии для каждого ученика:

$$l(\langle p, \Delta, x \rangle; \Theta) = (p - 2^{-\frac{\Delta}{2^{\Theta * X}}})^2 + \alpha (\frac{-\Delta}{\log_2(p)} - 2^{\Theta * X})^2 + \lambda \|\Theta\|_2^2,$$

где p – вероятность правильного припоминания предмета, Δ – функция времени задержки с моменты последнего выполнения вопроса, α – параметр для контроля относительной важности периода полураспада в общей целевой функции тренировки, λ – параметр, контролирующий срок регуляризации и помогающий предотвратить переизбыток информации.

Например, на Рисунке 3 показано, как может выглядеть кривая забывания HLR для определенного слова [7].

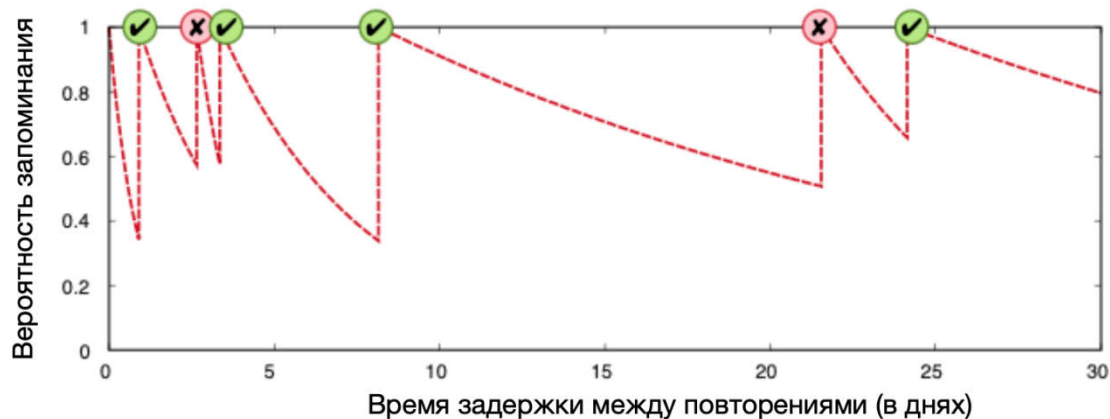


Рисунок 3 – История запоминания слов учащегося и кривая забывания, предсказанная HLR

Каждый раз, когда ученик правильно отвечает (зеленые галочки), h увеличивается и память начинает ухудшаться медленнее (пунктирная линия). Но каждый раз, когда возникает ошибка (красные крестики), h уменьшается, и необходимо будет повторять материал раньше времени.

Полученные результаты. В результате

рассмотрения существующих методов и принципов разработки мобильных приложений выделены следующие критерии: простота внедрения, универсальность метода, доступность использования и актуальность текущей версии алгоритма. На основе этих критериев проведен сравнительный анализ, результаты которого отображены в Таблице 1.

Таблица 1

Сравнительный анализ алгоритмов запоминания*Составлена авторами*

Название алгоритма	Критерии			
	Простота внедрения	Универсальность метода	Доступность использования	Актуальность алгоритма
Система Лейтнера	Внедряется без затруднений.	Метод подойдет для любых данных, так как не имеет ограничения на количество вариантов ответа	Лицензия на использование не требуется.	Версия алгоритма является устаревшей.
The Super Memo	Внедряется без затруднений.	Возможно использование для любых данных	Для более новых версий требуется лицензия	Новые версии требуют лицензии, до SM-16 версии являются устаревшими
Алгоритм Anki	Внедряется без затруднений.	Возможность использования для любых данных	Бесплатно для студентов	Не такой «прокаченный», как SM, но является актуальным
HLR	Внедряется с затруднениями, необходимо использование методов машинного обучения.	Больше всего подходит для изучения второго языка.	Является собственностью Duolingo.	Имеет наиболее точные показатели предсказаний. Является особенно актуальным.

Как можно видеть по результатам анализа из Таблицы 1, алгоритм Anki проигрывает по показателям актуальности другим алгоритмам, но имеет главное преимущество – легкость в доступности и использовании.

Выводы. Найдены существующие модели интервального повторения и проведен их анализ. На основе выделенных критериев, которые отображают возможность использования в рамках мобильного приложения, проведено сравнение моделей. Данные сравнительного анализа позволи-

ли выявить наиболее подходящую модель для использования в разрабатываемой системе.

В дальнейшей работе над проектом предполагается проведение исследования по выбору платформы для разработки, определение существующих технологий, способов их внедрения в проект мобильного приложения, исследование существующих архитектурных решений и выбор подходящих под выбранные технологии и модели интервального повторения.

Список источников

1. Зачем разделять отходы? // Информационный портал «Раздельный сбор» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rsbor-msk.ru/zachem-sortirovat/>
2. What is the Forgetting Curve? // Growth Engineering. Официальный сайт. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.growthengineering.co.uk/what-is-the-forgetting-curve/> (In Eng.).

References

1. Why Separate Waste? *Informational portal «Rasdelniy sbor»*. Available at: URL: <https://rsbor-msk.ru/zachem-sortirovat/> (In Russ.).
2. What is the Forgetting Curve? *Growth Engineering. Official site*. Available at: <https://www.growthengineering.co.uk/what-is-the-forgetting-curve/>

3. Leitner System // Super Memo Guru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://supermemo.guru/wiki/Leitner_system (In Eng.).
4. Wozniak P.A. Optimization of learning // Master's Thesis. University of Technology in Poznan. 1990. 2019. Vol. 19(4). (In Eng.).
5. What Spaced Repetition Algorithm Does Anki use? // Информационный портал «Frequently Asked Questions» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://faqs.ankiweb.net/what-spaced-repetition-algorithm.html> (In Eng.).
6. Settles B., Meeder B.A Trainable Spaced Repetition Model for Language Learning // Proceedings of the 54th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistic. 2016. Vol. 1. pp. 1848–1858. (In Eng.). doi: 10.18653/v1/P16-1174.
7. Settles B. How We Learn How You Learn [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://blog.duolingo.com/how-we-learn-how-you-learn/> (In Eng.).
3. Leitner System. *Super Memo Guru. Electronic resource.* Available at: https://supermemo.guru/wiki/Leitner_system
4. Wozniak P.A. Optimization of Learning. *Master's Thesis. University of Technology in Poznan.* 1990. 2019. Vol. 19 (4).
5. What Spaced Repetition Algorithm Does Anki Use? *Informational portal «Frequently Asked Questions».* Available at: <https://faqs.ankiweb.net/what-spaced-repetition-algorithm.html>
6. Settles B., Meeder B.A Trainable Spaced Repetition Model for Language Learning. *Proceedings of the 54th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistic.* 2016. Vol. 1. pp. 1848–1858. doi: 10.18653/v1/P16-1174.
7. Settles B. How We Learn How You Learn. *Electronic resource.* Available at: <https://blog.duolingo.com/how-we-learn-how-you-learn/>