

УДК 615.47

А.Н. Варнавский

МОДУЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНИФИЦИРОВАННЫМ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕМ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ

Представлен результат разработки модуля управления персонифицированным воспроизведением видеоинформации для интеллектуальных обучающих систем. Основу модуля составляет регрессионная модель зависимости предпочитаемой скорости воспроизведения видеоматериалов от показателей когнитивных и адаптационных процессов и силы нервной системы, коэффициент детерминации которой составил 0,89.

Ключевые слова: видеоинформация, скорость воспроизведения, когнитивные процессы, адаптационные процессы, регрессионный анализ, персонификация отображения, модуль управления отображением, интеллектуальная обучающая система.

Введение. Многие современные профессии связаны с работой с большим количеством информационных потоков. Такие потоки могут содержать как текстовую, так и изобразительную и видеоинформацию. Зачастую такая информация представлена в электронном виде и отображается на экране персонального компьютера. В качестве примеров таких профессий можно привести профессии офисных работников, бухгалтеров, редакторов и монтажеров видео.

Современные студенты также сталкиваются с большим количеством информации, которая представляется в различных формах, поскольку зачастую используют электронные системы обучения. Как студенты, так и люди, повышающие свою квалификацию, могут использовать дистанционные учебные и массовые открытые online курсы (например, www.coursera.org, www.universarium.org, www.stepic.org и т.д.). В таких курсах изучаемая информация подается преимущественно видеороликами.

Восприятие изучаемой информации зависит от ее представления. Например, в [1, 2] описано влияние местоположения информационных объектов на экране монитора на время и точность их распознавания. Эти и другие особенности необходимо учитывать при проектировании новых телекоммуникационных интерфейсов [3]. Также при проектировании и использовании электронных средств важно учитывать индивидуальные и психофизиологические особенности [4], показатели внимания [5].

В общем случае рассматривание человеком различных объектов связано с действием опре-

деленных закономерностей восприятия и внимания и подвержено определенным ошибкам и искажениям [6]. Неблагоприятные условия для восприятия информационных потоков увеличивают время работы и снижают объем усвоенной информации.

Другой проблемой является негативное воздействие информационных потоков на головной мозг и зрительную систему, приводящее к развитию утомления, монотонии, потере концентрации внимания. Это может сказаться на здоровье обучаемого, привести к нагрузке на адаптационные процессы, что в конечном итоге приведет к срыву адаптационных процессов, возникновению и развитию заболеваний.

В [7] описано исследование особенностей восприятия наиболее часто используемых печатных шрифтов на основе применения методов электроэнцефалографии и окулографии. Было получено, что печатные шрифты не только отличаются графическими признаками, но и имеют психофизиологическую специфику, определяющую качество восприятия текста, его понимание и запоминание. Причем разные шрифты приводят к разным когнитивным усилиям, степеням утомления зрительного аппарата и влияют на скорость и восприятие текста.

Таким образом, для максимизации усвоения информации и минимизации негативного действия на пользователя необходимо оптимизировать представление и параметры информационных потоков, с которыми работает пользователь. При этом остается открытым вопрос относительно персонификации представления инфор-

мации, т.е. учета индивидуальных свойств и показателей пользователя в процессе вывода и отображения информационных потоков. В частности, это касается видеоинформации.

Можно сказать, что скорость воспроизведения является важнейшим параметром представления видеоинформации, поскольку ее величина будет влиять на усвоение информации, время просмотра видеоролика, комфорт и удобство пользователя.

Организаторы Coursera (www.coursera.org) проводили исследование, направленное на изучение предпочтений пользователей относительно скорости воспроизведения видео, которое показало, что большинству пользователей нравится повышенная скорость воспроизведения. Однако в данном исследовании практически не были учтены психофизиологические свойства обучаемых и показатели их когнитивных процессов.

Целью работы является разработка модуля управления персонифицированным воспроизведением видеоинформации для интеллектуальных обучающих систем.

Интеллектуальные системы обучения. В интеллектуальных системах обучения применяются технологии персонификации и адаптации, позволяющие реализовать адаптивные обучающие программы [8]. Можно выделить следующие основные модули таких систем [например, 9, 10]:

- база знаний, содержащая все учебные информационные и проверочные материалы;
- модуль обучения системы, содержащий правила обучения;
- модуль диагностики, выполняющий оценку уровня знаний и навыков обучаемого;
- модуль модели обучаемого, производящий учет индивидуальных особенностей обучаемого;
- модуль интерфейса, который отвечает за отображение и представление учебной информации в системе и осуществляет интерактивное взаимодействие пользователя с системой.

При проектировании учебного курса, его дизайна и интерфейса, создании учебных материалов может использоваться ряд правил, которые являются одним из направлений подхода, называемого педагогическим дизайном [11]. Однако данные правила являются статическими, и традиционно модуль интерфейса не отображает учебную информацию персонифицированно.

В этой связи использование модуля управления персонифицированным воспроизведением видеоинформации может повысить эффективность интеллектуальных обучающих систем.

Структура модуля управления персонифицированным воспроизведением видеоинформации. Для того чтобы разрабатываемый модуль персонифицированно управлял представлением информации, необходимо чтобы в его состав входили следующие блоки:

- блок оценки индивидуальных свойств и состояния обучаемого, влияющих на восприятие информации;
- блок оценки оптимальной скорости воспроизведения на основе полученных значений показателей и свойств обучаемого;
- блок управления воспроизведением видеоинформации по полученному значению оптимальной скорости воспроизведения.

Поскольку работа обучаемого с информацией является умственной, то его состояние предлагается оценивать на основе значений показателей когнитивных процессов и работоспособности. Так как речь идет об обучении, то необходимо выделить процессы памяти и внимания. Также важно учитывать динамику работоспособности и развития утомления обучаемого, например на основе информации о силе его нервной системы. Данные значения и показатели могут быть получены по результатам психофизиологического тестирования. Дополнительную информацию о состоянии обучаемого можно получить, оценивая психоэмоциональное состояние по показателям адаптационных процессов.

Выделим следующие показатели, характеризующие процессы памяти, внимания, силы/слабости нервной системы, адаптационные процессы, которые будем использовать для определения величины оптимальной скорости воспроизведения у конкретного обучаемого:

- коэффициент кратковременной памяти x_1 ,
- показатель работоспособности внимания x_2 ,
- показатель точности работы внимания x_3 ,
- тип динамики работоспособности x_4 ,
- индекс вегетативного равновесия x_5 ,
- стресс-индекс x_6 .

Таким образом, блок оценки индивидуальных свойств и состояния обучаемого будет состоять из блока оценки показателя памяти обучаемого x_1 , блока оценки показателей внимания обучаемого x_2 , x_3 , блока оценки показателя силы/слабости нервной системы обучаемого x_4 и блока оценки показателей адаптационных процессов обучаемого x_5 , x_6 .

Полученная структура модуля управления воспроизведением видеоинформации представлена на рисунке 1.

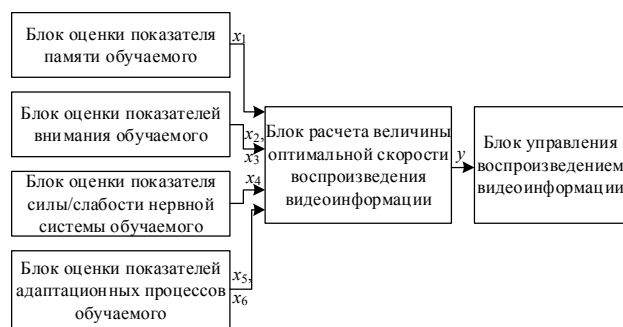


Рисунок 1 – Структура модуля управления персонализированным воспроизведением видеоинформации

Блок оценки показателя памяти обучаемого может быть построен на основе психофизиологического теста, заключающегося в предъявлении обучаемому в течение ограниченного времени некоторое количество L двухзначных чисел с целью их дальнейшего запоминания и воспроизведения [12]. В этом случае коэффициент кратковременной памяти x_1 будет равен проценту верно воспроизведенных чисел:

$$x_1 = \frac{K}{L}, \quad (1)$$

где K – число верно воспроизведенных двухзначных чисел.

Блок оценки показателей внимания обучаемого может быть построен на основе теста Ландольта [13], заключающегося в предъявлении обучаемому строчек колец с разными разрывами, которые он должен в течение ограниченного интервала времени t просматривать и вычеркивать кольцо с заданным разрывом. По окончании выполнения теста определяются количество просмотренных колец N , количество колец, которые следовало зачеркнуть n , количество ошибочно зачеркнутых или пропущенных колец O . Тогда показатели работоспособности внимания x_2 и точности работы внимания x_3 могут быть вычислены по следующим формулам:

$$x_2 = \frac{N}{t}, \quad x_3 = 1 - \frac{O}{n}. \quad (2)$$

Блок оценки показателя силы/слабости нервной системы обучаемого можно построить на основе теппинг-теста [12], заключающегося в максимально возможном числе нажатий клавиши на клавиатуре в течение 30 секунд и определении числа нажатий за каждые 5 секунд: $l_1, \dots, l_6$. Анализ значений $l_1, \dots, l_6$ позволяет оценить тип динамики работоспособности x_4 , характеризующий силу/слабость нервной системы и принимающий одно из возможных значений 1, 2, 3, 4 по следующему правилу:

$$x_4 = \begin{cases} 1, \text{ если } (l_1 < l_2) \& (l_3 > l_4 > l_5 > l_6), \\ 2, \text{ если } l_1 > l_2 < l_3 < l_4 \leq l_5 > l_6, \\ 3, \text{ если } (l_2 > l_3 > l_4) \& (l_5 > l_6) \& ((l_1 > l_2) \vee (l_2 > l_6)), \\ 4, \text{ если } (l_1 > l_2 > l_3 > l_4) \& (l_5 > l_6). \end{cases} \quad (3)$$

Блок оценки показателей адаптационных процессов обучаемого можно построить на основе вычислений показателей вариабельности сердечного ритма, полученных путем анализа электрокардиосигнала [14].

Основу блока вычисления оптимальной скорости воспроизведения видеоинформации должна составить модель, которая для каждого обучаемого по значениям $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$ рассчитывает величину y . Предлагается данную модель получить по регрессионному анализу результатов эксперимента по выявлению предпочтений обучаемых в наилучшей с точки зрения восприятия видеоинформации скорости воспроизведения.

Эксперимент организуем, основываясь на том, что предпочтения во многом определяются количеством затрачиваемых усилий в процессе решения той или иной задачи. Т.е. чем больше умственных усилий затрачивается в процессе работы с объектом, тем быстрее наступает утомление и тем выше нагрузка на системы организма, тем ниже будет оценка предпочтений объекта.

Экспериментальное исследование предпочтений пользователей в скорости воспроизведения видеоинформации. Исследования по оценке предпочтений того или иного объекта или стимула в зависимости от его характеристик, особенностей наблюдателя, решаемых задач проводили ряд авторов. Данные авторы делают вывод, что эстетические оценки и предпочтения обусловлены не столько характеристиками стимула или особенностями наблюдателя, сколько тем, какие когнитивные задачи и насколько успешно решаются в процессе восприятия [15-18].

Процедура исследования

1. Метод проведения

а. Участники. Участниками эксперимента являлись 30 студентов 2-5 курсов Рязанского государственного радиотехнического университета. Число лиц мужского пола – 13, женского – 17. Средний возраст участников составил $21,1 \pm 0,6$ года.

б. Материалы. Для проведения эксперимента использовались тесты Ландольта, теппинг-тест,

на способности кратковременной памяти. Показатели адаптационных процессов определялись с помощью программно-аппаратного комплекса «Полиспектр-ритм». Для отображения видеoinформации использовался плеер, воспроизводящий видео с задаваемой скоростью.

в. Процедура исследования. Эксперименты для всех испытуемых проводились в одних и тех же условиях. После проведения инструктажа и объяснения смысла эксперимента испытуемые проходили пробное тестирование на память, внимание и теппинг-тест. При этом испытуемым сообщали разрыв кольца, который они должны искать и вычеркивать в тестах на внимание. Далее предъявлялась запись 12 двухзначных чисел, которые они должны были запомнить в течение 30 секунд и воспроизвести в течение 1 минуты. После минутного отдыха в течение 4 мин проводился тест Ландольта, а затем после минутного отдыха – теппинг-тест. Далее с помощью аппаратно-программного комплекса «Полиспектр-ритм» в течение 5 минут выполнялся съем электрокардиосигнала и рассчитывались показатели адаптационных процессов. Для оценки предпочтений в скорости воспроизведения видеоматериала каждому испытуемому предъявлялись 30-секундные ролики видеоматериала с разной средней скоростью, начиная от $s_1 = 62$ слова/мин и заканчивая $s_8 = 118$ слов/мин с шагом 8 слов/мин. Испытуемый должен был оценить комфортность просмотра u_i видеоролика при той или иной скорости воспроизведения s_i ($i = 1..8$) по 10-и балльной шкале.

2. Полученные результаты

По результатам эксперимента был сформирован набор данных из 30 наблюдений, средние значения показателей в которых равны:

$K - 4,6 \pm 1,5$; $N - 384,7 \pm 79,0$; $n - 41,3 \pm 19,1$; $O - 12,7 \pm 6,2$; $l_1, \dots, l_6 - 33,6 \pm 8,3$; $30,8 \pm 5,6$; $30,3 \pm 6,6$; $30,5 \pm 5,8$; $29,3 \pm 5,0$; $29,2 \pm 6,0$ соответственно; $x_5 - 59,3 \pm 44,8$; $x_6 - 57,3 \pm 39,4$; $u_1, \dots, u_8 - 4,6 \pm 2,1$; $6,5 \pm 1,8$; $8,0 \pm 2,1$; $8,0 \pm 1,6$; $7,2 \pm 1,8$; $5,7 \pm 1,8$; $3,9 \pm 1,9$; $2,3 \pm 1,9$.

3. Обработка результатов эксперимента

На основе полученных в эксперименте значений для каждого испытуемого по формулам (1)-(3) рассчитывались параметры x_1, x_2, x_3, x_4 . Также определялось значение скорости воспроизведения y , при которой была получена максимальная величина оценки из $u_1, u_2, \dots, u_8$. Отметим, что большинство испытуемых предпочли скорость воспроизведения y в диапазоне от 75 слов/мин до 90 слов/мин. При выходе за этот диапазон число испытуемых, предпочитающих такую скорость, уменьшалось.

Обработка результатов эксперимента производилась в статистическом пакете R.

Оценка возможности включения полученных показателей в модель производилась путем проверки наличия мультиколлинеарности в данных. Для этого определялись коэффициенты вздутия дисперсий между парами показателей. Получено максимальное значение такого коэффициента между x_5 и x_6 , равное 1.49. Следовательно, проблема мультиколлинеарности отсутствует и в модель можно включить все рассматриваемые показатели.

Помимо проверки на мультиколлинеарность выполнялась проверка предпосылок линейной модели.

В результате регрессионного анализа была получена множественная линейная регрессия вида

$$y = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + a_4 \cdot x_4 + a_5 \cdot x_5 + a_6 \cdot x_6$$

$$с R^2 = 0,78 (F(9, 20) = 8,074, p < 0,001).$$

Более удачной моделью с точки зрения значения R^2 является множественная линейная регрессия со взаимодействиями:

$$y = b_0 + x_4 \cdot (b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3) + b_5 \cdot x_5 + b_6 \cdot x_6$$

$$с R^2 = 0,89 (F(15, 14) = 7,295, p < 0,001).$$

Из проведенного регрессионного анализа видно, что предпочтения в скорости просмотра видеоматериала в первую очередь объясняются процессом внимания. При этом сила нервной системы также влияет на предпочтения в скорости воспроизведения, поскольку влияет на динамику процесса утомления.

Таким образом, получена модель, которая объясняет изменчивость в предпочитаемой скорости воспроизведения почти на 90 %. Такая модель позволяет персонализированно прогнозировать наилучшую с точки зрения восприятия и предпочтения скорость воспроизведения видеoinформации, основываясь на значениях показателей когнитивных процессов, работоспособности и показателей адаптационных процессов.

На рисунке 2 в координатных осях $y(x_3)$ кружками показаны значения предпочитаемой скорости воспроизведения, полученные в серии экспериментов, а треугольниками – значения, прогнозируемые регрессией.

Помимо полученных моделей интерес представляют упрощенные модели, в частности без параметров x_5 и x_6 , поскольку такие модели можно использовать в системах, в которых затруднительно определять показатели адаптационных процессов пользователя.

В результате регрессионного анализа было

получено две таких модели:

- множественная линейная регрессия вида

$$y = c_0 + c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + c_3 \cdot x_3 + c_4 \cdot x_4$$

$$\text{с } R^2 = 0,75 \text{ (F(7, 22) = 9,426, } p < 0,001),$$

- множественная линейная регрессия со взаимодействиями:

$$y = d_0 + d_4 \cdot (d_1 \cdot x_1 + d_2 \cdot x_2 + d_3 \cdot x_3)$$

$$\text{с } R^2 = 0,85 \text{ (F(13, 16) = 7,24, } p < 0,001).$$

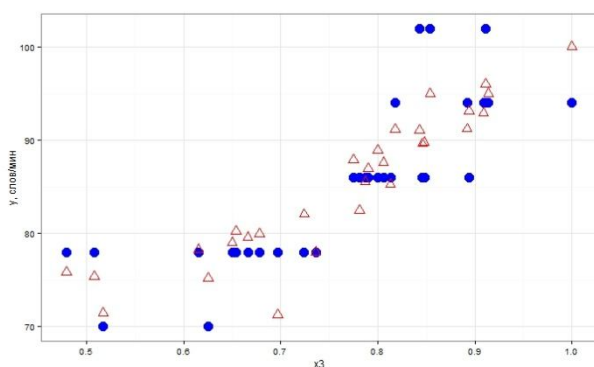


Рисунок 2 – Экспериментальные и прогнозируемые значения предпочитаемой скорости воспроизведения видеоинформации

Реализация блоков модуля управления персонифицированным воспроизведением видеоинформации. В качестве примера реализации приведем блоки определения показателей памяти и внимания.

Если обучающая система выдает информацию в формате HTML и взаимодействует с пользователем через браузер, то данные блоки могут быть реализованы на JavaScript. На рисунке 3 приведены примеры реализованных тестов для оценки показателей памяти и внимания.

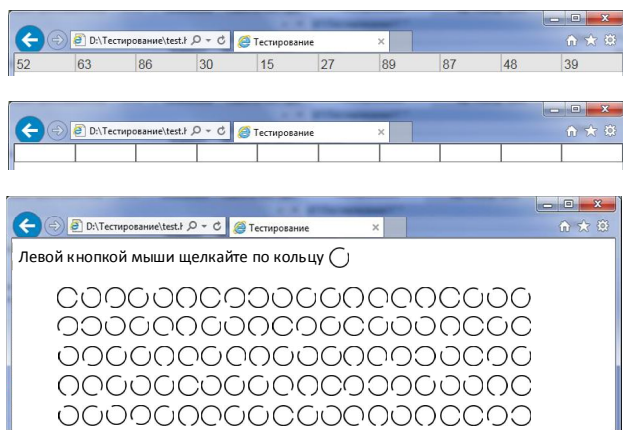


Рисунок 3 – Вид реализованных на JavaScript тестов на запоминание и внимание

Заключение. На эффективность восприятия информации влияет множество факторов, в том числе ее представление и психофизиологическое состояние обучаемого, что важно учитывать при

организации процесса обучения.

Проведенное в работе исследование показало влияние показателей памяти, внимания, силы нервной системы, адаптационных процессов на предпочтения в скорости воспроизведения видеоинформации. На основе полученных в результате эксперимента данных построена персонифицированная модель зависимости наилучшей скорости воспроизведения от выделенных показателей. Точность прогнозирования может быть повышена за счет уточнения коэффициентов модели при проведении большего числа экспериментов, в том числе при использовании меньшего интервала в скорости воспроизведения между двумя видеороликами.

Разработанный модуль осуществляет персонифицированное управление скоростью воспроизведения видеоинформации в системах электронного обучения в зависимости от индивидуальных свойств и показателей обучаемого.

Дальнейшая работа в данном направлении предполагает проведение экспериментов с учетом большего числа факторов. Некоторые из таких исследований планируется провести с использованием ай-трекера, анализируя движения взгляда испытуемого.

Библиографический список

1. Андреева О.Н. Сокращение времени распознавания предъявляемой информации на экране монитора учащегося // В мире научных открытий. 2011. № 9.1 (21). С. 267-277.
2. Андреева О.Н. Точность узнаваемости тестового изображения в разных точках поля зрения оператора // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. 2011. №8. С. 57-63.
3. Артеменков С.Л. Психология восприятия и разработка новых телекоммуникационных интерфейсов // Телемультимедиа. 2004. № 4 (26). С. 15-19.
4. Опарина Н.М. Влияние психофизиологических характеристик обучаемых на эффективность их работы при использовании АСО // Педагогическая информатика. 2004. № 2. С. 81-88.
5. Конева Л.В., Плотников В.В. Свойства внимания как функции контроля поведения человека // Вестник новых медицинских технологий. 2009. № 3. С. 137-139.
6. Белоскова К.В., Артеменков С.Л. Экспериментальное исследование порядка восприятия текстовой информации на экране дисплея // Экспериментальная психология в России: традиции и перспективы. 2010. С. 230-234.
7. Морозова Л.В., Мурин И.Н. Психофизиологическая специфика восприятия печатного шрифта // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. 2013. № 3. С. 76-85.
8. Галеев И.Х. Модель управления процессом

обучения в ИОС // Международный электронный журнал "Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)". 2010. Т. 13. № 3. С. 285-292. ISSN 1436-4522. URL: <http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html>

9. Федорук П.И. Использование системы EduPRO для организации процесса адаптивного обучения // УСиМ. 2009. № 4. С. 68-73.

10. Галеев И.Х. Проблемы и опыт проектирования ИОС // Международный электронный журнал "Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)". 2014. Т. 17. №4. С. 526-542. ISSN 1436-4522. URL: <http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html>

11. Нагаева Н.А. Педагогический дизайн и педагогическое проектирование: проблемы и перспективы // Информатизация и связь. 2012. № 4. С. 61-64.

12. Карелин А. Большая энциклопедия психологических тестов. Изд-во: «Эксмо», 2007. 416 с.

13. Бруннер Е.Ю. Лучше, чем супервнимание. Методики диагностики и психокоррекции. Ростов-на-

Дону: Феникс, 2006. 316 с.

14. Варнавский А.Н., Мусолин А.К. Нейросетевой модуль контроля состояния оператора для снижения рисков работы автоматизированных производств // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2010. № 34. С. 36-43.

15. Reber R., Schwarz N., Winkielman P. Processing fluency and aesthetic pleasure: is beauty in the perceiver's processing experience? // Personal. Soc. Psychol. Rev. 2004. V. 8. № 4. P. 364-382.

16. Leder H. A model of aesthetic appreciation and aesthetic judgments // Br. J. Psychol. 2004. V. 95. № 4. P. 489-508.

17. Аллахвердов В.М. Психология искусства. Эссе о тайне эмоционального воздействия художественных произведений. СПб.: ДНК, 2001.

18. Четвериков А.А. Влияние эффективности зрительного поиска на аффективные оценки картин // Экспериментальная психология. 2014. Т. 7. № 2. С. 37-48.