

Заключение

Разработанная автоматизированная система управления дозированием хлорагента на базе нечеткой логики позволит стабилизировать подачу хлора, увеличить эффективность технологического процесса, качество управления дозированием хлорагента на станциях водоподготовки, а также позволит избежать перехлорирования питьевой воды и обеспечить более безопасное водопотребление благодаря непрерывному контролю канцерогенного риска здоровью населения.

Алгоритм на базе аппарата нечеткого вывода для регулирования дозирования хлора позволяет уйти от этапа вторичного хлорирования в процессе водоподготовки, поэтому делает его предпочтительней по сравнению с типовыми системами регулирования. Этот эффект достигается за счет учета динамики остаточного хлора на контроллере дозирования.

Список литературы

1. Kavi Priya, S., Shenbagalakshmi, G., Revathi, T. Applied fuzzy heuristics for automation of hygienic drinking water supply system using wireless sensor networks // Journal of Supercomputing. 2018. April. pp. 1-27.
2. Lin C.J., Chen C.H., Lee C.Y. A TSK-Type Quantum Neural Fuzzy Network for Temperature Control // International Mathematical Forum. 2006.1. pp. 853-866.
3. Satrio Budi Prakoso¹, Suprihanto Notodarmojo Analysis of Drinking Water Supply System Improvement Using Fuzzy AHP (Case Study: Subang Local Water Company) // MATEC Web of Conferences. 2018. pp 2-12.
4. Bereskie, T., Haider, H., Rodriguez, M.J., Sadiq, R. Small drinking water systems under spatiotemporal water quality variability: a risk-based performance benchmarking framework // Environmental Monitoring and Assessment. 2017. № 464. pp 189.
5. Azimi S., Azhdary Moghaddam M., Hashemi Monfared S. A. Prediction of annual drinking water quality reduction based on Groundwater Resource Index using the artificial neural network and fuzzy clustering // Journal of Contaminant Hydrology. 2019. V. 220. pp 6-17.
6. Hosseini-Moghari, S.-M., Ebrahimi, K., Azarnivand, A. Groundwater quality assessment with respect to fuzzy water quality index (FWQI): an application of expert systems in environmental monitoring // Environmental Earth Sciences. 2015. V. 74. Issue 10. pp 7229-7238.
7. Михайлова Д.Л., Кольдибекова Ю.В. Оценка воздействия хлороформа при поступлении в организм с питьевой водой на состояние здоровья детей // Вестник Перм. ун-та. Сер.: Биология. 2012. № 2. С. 85-88.
8. Кириченко В.Е., Первова М.Г., Пашкевич К.И. Галогенорганические соединения в питьевой воде и методы их определения // Российский химический журнал. 2002. т. XLVI. № 4. с. 18-27
9. Южно А.И., Плуготаренко Н.К. Анализ образования хлорпроизводных соединений в питьевой воде // Технологии техносферной безопасности. 2018. № 3 (79). С. 28-35.
10. Icaga, Yilmaz. Fuzzy Evaluation of Water Quality Classification // Ecological Indicators. 2007. № 7. pp 710-718.

Южно Александра Игоревна — аспирант, Плуготаренко Нина Константиновна — канд. техн. наук, доцент, заведующая кафедрой техносферной безопасности и химии института нанотехнологий, электроники и приборостроения ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет». E-mail: a.bachmackaja@gmail.com plugotarenkonk@sfedu.ru

МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ТРЕНАЖЕРА С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИММЕРСИВНОЙ СРЕДОЙ**А.Е. Глазырин (ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»)**

Рассмотрена возможность повышения эффективности профессиональной подготовки операторов при использовании тренажеров с интеллектуальной иммерсивной средой (ИС). Предложена методика двухуровневого проектирования интеллектуальной ИС тренажера: на нижнем уровне выбираются простейшие действия оператора и специальные тесты для оценки производительности его работы; на верхнем - показатели производительности и параметры ИС, влияющие на сложность выполнения задачи. Методика предусматривает наличие в тренажере обратной связи вида «результат-изменение параметров задачи». Разработан алгоритм индивидуальной генерации профессиональной программы подготовки оператора, учитывающий значения показателей производительности действий оператора. Алгоритм позволяет формировать индивидуальную программу профессиональной подготовки и учитывает производительность оператора на основе изменения параметров трудоемкости. Экспериментальные результаты подтвердили целесообразность применения алгоритма для тренажеров транспортно-технологических машин¹.

Ключевые слова: иммерсивная среда, нечеткая модель, профессиональная подготовка, оператор, тренажер, генетический алгоритм.

Введение

Для повышения эффективности профессиональной подготовки в тренажеростроении часто используются иммерсивные технологии² [1], так как все действия в иммерсивной среде (ИС) могут быть связаны с действиями в реальном мире, при этом сама ИС безопасна для человека. Так, в [2] рассмотрены примеры использования ИС для отработки пространственных

заданий, в [3] — для тренировки памяти и развития пространственного мышления. Отдельного внимания заслуживает роль ИС в наработке моторных навыков, а также симуляции выполнения точных манипуляций в чрезвычайных ситуациях.

Однако на сегодняшний день отсутствуют способы оценки эффективности действий операторов в ИС, что создает трудности при разработке методики

¹ Результаты исследования получены при поддержке гранта Министерства образования и науки РФ № 25.1095.2017/4.6.

² Иммерсивные технологии или технологиями расширенной реальности включают виртуальную и дополненную реальность, а также 360°-видео. Они обеспечивают эффект полного или частичного присутствия человека в альтернативном пространстве.

проектирования ИС для профессиональной подготовки операторов.

В то же время существенными недостатками современных тренажеров является ограниченное число тренировочных ситуаций, разрабатываемых в процессе построения программ профессиональной подготовки. Это ограничивает программу профессиональной подготовки однотипными действиями, схемами реагирования в штатных условиях, что приводит к быстрому привыканию оператора к ожидаемому развитию событий и накладывает дополнительные ограничения на интенсификацию обучения.

Для решения этой проблемы предлагается разработать тренажер с интеллектуальной ИС, использующей процедуры количественного измерения значений критериев и факторов, влияющих на процесс подготовки обучаемого. В системе задействована обратная связь вида “результат-изменение параметров задачи”: в зависимости от полученного результата ИС наполняется требуемыми операторскими заданиями.

Методика создания интеллектуальной ИС тренажера включает определение этапов разработки ИС, способов оценки эффективности интеллектуальной ИС, а также разработку алгоритма генерации программ подготовки.

Методика создания ИС

Операторская деятельность — это совокупность отдельных целенаправленных действий человека (с учетом сенсорных, моторных и когнитивных навыков), направленных на достижение конечного результата — выполнение технологической операции [6]. В самом общем случае операторская деятельность может быть представлена следующим образом. На первом этапе, происходит сенсорный анализ окружающей обстановки (сенсорный уровень). Далее, формируется ситуационный образ — из памяти оператора выбирается (когнитивный уровень) наиболее приемлемая схема реагирования или синтезируется новая схема, основанная на опыте из прошлой профессиональной деятельности. После обработки информации на когнитивном уровне подключается моторное реагирование (моторный уровень) на соответствующий ситуационный образ.

Исходя из упрощенной схемы операторской деятельности, для сенсорного и моторного уровней можно подобрать простейшие схемы операторского реагирования, например, зрительно-моторное слежение, тонкая и крупная моторика.

Каждая тренажерная задача может быть представлена в виде специального теста, который создает условия для работы соответствующих сенсомоторных механизмов в процессе выполнения простейших операторских действий. Результаты тестирования представляются в виде количественной оценки зрительно-моторной реакции (время упреждения или запаздывания) на сенсорном уровне или моторного реагирования (отклонение от горизонтальной или вертикальной оси) на моторном уровне.

Количественная оценка позволяет оценить производительность оператора при работе в ИС, а также включить обратную связь вида “результат-изменение параметров задачи”.

Кроме того, в процессе профессиональной подготовки необходимо производить мониторинг когнитивной нагрузки. Увеличение когнитивной нагрузки в процессе обучения может свидетельствовать об усилении мыслительной деятельности человека в процессе извлечения ситуационного образа из памяти или синтеза новых схем реагирования. Другими словами, плата за наполнение “базы знаний” оператора новыми ситуационными образами состоит в повышении когнитивной нагрузки. В то же время обучение можно считать успешным только при условии обогащения базы знаний. Соответственно, при проигрывании нового ситуационного образа в процессе оценки профессиональных навыков когнитивная нагрузка должна снижаться, потому что мыслительная деятельность уже не связана с синтезом новой схемы операторского реагирования.

Измерение когнитивной нагрузки в процессе решения тренажерной задачи может производиться с использованием электроэнцефалографа (ЭЭГ) на основе таких количественных показателей, как напряженность в мкВт [7].

После подтверждения эффективности использования ИС для простейших схем операторского реагирования на сенсорном, когнитивном и моторном уровнях (обозначим за “низкий уровень”) программу профессиональной подготовки можно распространить на более сложную операторскую деятельность для соответствующего технологического режима.

Так как на “низком уровне” представлены обобщенные схемы операторского реагирования (на основе работы сенсомоторных органов в виде тестов), то справедливо предположить, что тренажер, построенный на основе подобных обобщенных схем, будет обеспечивать соответствующую эффективность подготовки операторов.

Разработка ИС для тренажера происходит на “высоком уровне”. На данном этапе определяются показатели производительности оператора, учитывающие характеристики технологического процесса, а также атрибуты ИС, которые влияют на производительность работы оператора. Данные атрибуты и показатели производительности используются для реализации алгоритма генерации программ подготовки для тренажера на базе ИС. На рис. 1 представлена общая методика создания интеллектуальной ИС для профессиональной подготовки оператора.

Генерации интеллектуальной программы подготовки

Известно, что каждый оператор в процессе выполнения профессиональных функций использует свою уникальную стратегию, которая со временем может меняться в зависимости от его текущего психофизиологического состояния.



Рис. 1. Методика создания интеллектуальной ИС для тренажера

В этих условиях оператор выступает сложной самоорганизующейся системой, обеспечивающей соответствующий уровень эффективности для решения текущей задачи путем организационных и функциональных перестроек. Таким образом, изменение факторов, влияющих на выполнение текущей задачи, может перестроить стратегию поведения оператора. Наоборот, при изменении стратегии оператора можно изменять внешние факторы, влияющие на выполнение текущей задачи.

Соответственно, если произвести интеллектуализацию упомянутого процесса, связанного с изменением факторов, влияющих на выполнение задачи, то можно добиться точечного воздействия на профессиональные качества, связанные с решением операторских задач в процессе профессиональной подготовки.

В то же время, программы подготовки должны воспроизводить как можно больше рабочих ситуаций,

связанных с соответствующими схемами операторского реагирования. Многообразие профессиональных случаев позволяет получить наиболее полное представление о технологическом режиме и его специфике. Кроме этого, производственные случаи не должны дублироваться, так как это может привести к быстрому привыканию к однотипным схемам операторского реагирования.

Для генерации принципиально различающихся программ профессиональной подготовки можно использовать стохастические модели, например, метод Монте-Карло. В то же время случайная генерация программ подготовки накладывает ограничения на интеллектуализацию ИС в части игнорирования профессионального опыта и особенностей уникальной стратегии оператора при выполнении соответствующей задачи.

Интеллектуальная ИС для тренажера может обеспечить индивидуальный трек обучения, учитывающий изменение психофункционального состояния оператора, фазы устойчивой работоспособности и т. д. Основным параметром индивидуализации профессиональной подготовки может стать "режим трудоемкости операторской задачи". Режим трудоемкости определяет число атрибутов среды, которые будут включаться в программу подготовки. Каждый атрибут среды должен быть подобран с учетом технологического регламента и специфики производственного процесса. Также важным условием является вклад атрибута в трудоемкость операции. Например, шумоизоляция или освещенность практически всегда вносят вклад в трудоемкость.

В качестве обратной связи вида "результат-изменение параметров задачи" могут выступать показатели

производительности оператора. Наиболее простым с точки зрения реализации является анализ эффективности отдельных операторских действий: число нарушений технологического регламента; сокращение непроизводительных движений; время, затраченное на выполнение операции в условиях безошибочной работы.

Временные показатели производительности можно измерить для любого производственного цикла — достаточно знать моменты начала и завершения операции. При этом определение числа нарушений технологического регламента требует определенной проработки.



Рис. 2. Структурная модель технологического процесса

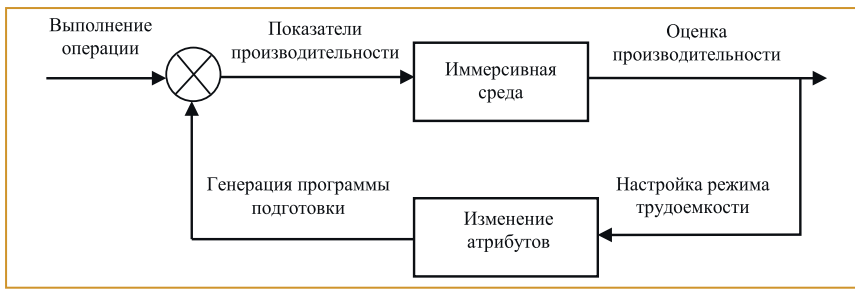


Рис. 3. Контур управления интеллектуальной ИС среды с обратной связью

Каждую производственную операцию можно представить в виде совокупности подопераций (рис. 2). Если представить выполнение каждой подоперации в виде несовместимых событий, то число успешных исходов можно суммировать. С другой стороны, сама успешность подоперации может быть смоделирована с помощью наложения технологических ограничений, например, в виде допустимых кинематических параметров для транспортно-технологической машины или относительного перемещения заготовки и фрезы для фрезерного станка.

Если оператор в процессе профессиональной подготовки “выходит” за допустимые границы, происходит возврат к предыдущей подзадаче с сохранением “штрафа” в виде нарушения. Значимость каждого нарушения технологического регламента определяется экспертной оценкой на основе важности или критичности отклонения операторских действий от технологического регламента.

Для реализации интеллектуальной ИС предлагается использовать нечеткую модель. В качестве основного аргумента в пользу этого выбора отметим успешность апробации нечетких моделей в задачах профессионального отбора операторов [8].

После определения составных элементов интеллектуальной ИС для тренажера разрабатывается контур управления “человек-ИС” на основе обратной связи вида “результат-изменение параметров задачи”.

На рис. 3 представлен контур управления с обратной связью, соответствующей изменениям атрибутов среды. После выполнения операторской задачи происходит снятие, фиксация и оценка показателей

производительности с учетом сгенерированной программы подготовки. По результатам оценки производительности происходит изменение режима трудоемкости через изменение соответствующего числа атрибутов среды, которые влияют на производительность работы оператора. В результате генерируется новая программа подготовки, которая понижает или повышает трудоемкость выполнения операторской задачи. Изменение трудоемкости может повысить эффективность профессиональной

подготовки за счет постепенной адаптации к схемам операторского реагирования.

В основу генерации программ подготовки заложена нечеткая модель. База правил определяется экспертами в соответствующей предметной области, как и выбор лингвистических переменных с соответствующими функциями принадлежности. Например, для операторов транспортно-технологических машин можно

использовать соответствующие данные, представленные в работе [9].

Для нижнего уровня могут быть определены специализированные тесты, которые создают условия для работы соответствующих сенсомоторных механизмов в процессе выполнения простейших операторских актов. Степень трудоемкости определяет режимы выполнения теста в виде увеличения или понижения сложности выполнения. Входные параметры для нечеткой модели могут выступать в виде психофизиологических параметров человека: время запаздывания или упреждения, тонкая и крупная моторика и т. д.

Общая структурная схема реализации ИС для профессиональной подготовки на основе генерации программ подготовки представлена на рис. 4.

Как правило, для простейших тестов несложно подобрать атрибуты среды, влияющие на трудоемкость, так как тесты обычно отражают тривиальные схемы сенсомоторного реагирования (отслеживание объекта, совмещение движущегося объекта с меткой, тонкая или крупная моторика и т. д.). В некоторой степени это облегчает процесс построения базы правил для нечеткой модели.

Если производительность оператора понижается, то среда должна реагировать понижением трудоемкости и, наоборот, при повышении производительности среда реагирует повышением трудоемкости. Таким образом, интеллектуализация ИС выражается в сохранении концентрации внимания оператора и эффективной отработке навыков сенсомоторного

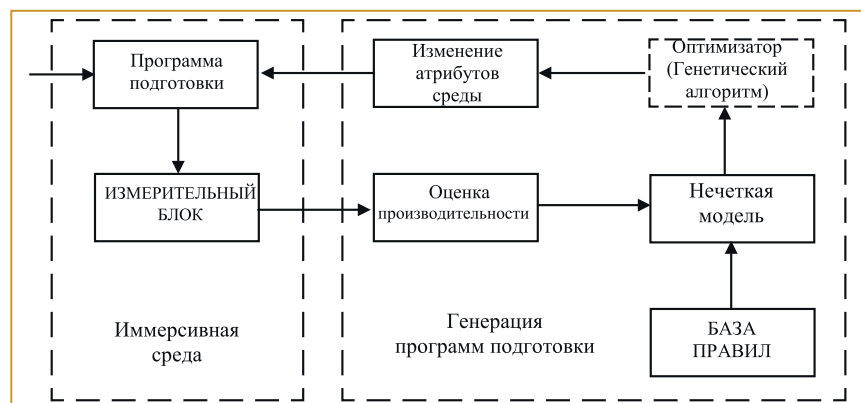


Рис. 4. Структурная схема ИС для генерации программ подготовки оператора

Таблица. Результаты экспериментальных исследований в ходе низкоуровневого проектирования

Оценка производительности (сенсорный уровень) Тест реакция на движущийся объект, мс.			
Обучение		Оценка	
Контр.	Экспер.	Контр.	Экспер.
$MX(\kappa) = 18,61$	$MX(\varepsilon) = 14,55$	$MX(\kappa) = 28,60$	$MX(\varepsilon) = 4,784$
$MX(\kappa) - MX(\varepsilon) = 4,06$ (21 % ↓)		$MX(\kappa) - MX(\varepsilon) = 23,81$ (83% ↓)	
Оценка производительности (моторный уровень) тест моторное слежение - МС (отклонение по оси максимального отклонения, пикс.)			
Обучение		Оценка	
Контр.	Экспер.	Контр.	Экспер.
$MX(\kappa) = 24,07$	$MX(\varepsilon) = 21,14$	$MX(\kappa) = 28,48$	$MX(\varepsilon) = 10,60$
$MX(\kappa) - MX(\varepsilon) = 2,94$ (12 % ↓)		$MX(\kappa) - MX(\varepsilon) = 17,88$ (63 % ↓)	
Оценка производительности (моторный уровень) тест моторное слежение (время выполнения на каждой итерации, с)			
Обучение		Оценка	
Контр.	Экспер.	Контр.	Экспер.
$MX(\kappa) = 13,71$	$MX(\varepsilon) = 24,07$	$MX(\kappa) = 26,26$	$MX(\varepsilon) = 11,12$
$MX(\kappa) - MX(\varepsilon) = -10,36$ (43 % ↑)		$MX(\kappa) - MX(\varepsilon) = 15,14$ (57 % ↓)	

реагирования путем управления трудоемкостью соответствующей задачи.

Для высокого уровня проектирования справедливы все те же требования, что и для разработки нечеткой модели на низком уровне, а именно, определяются параметры производительности, например, затраченное время за один технологический цикл и число нарушений технологического регламента. Под атрибутами ИС понимаются факторы, оказывающие влияние на производительность работы оператора. Например, в случае разработки тренажера для транспортно-технологических машин, используемых в лесозаготовительном производстве, такими атрибутами станут шумоизоляция, освещенность, наклон машины по

горизонтальной и вертикальной оси, длина и диаметр бревна. При подготовке оператора с рабочими манипуляторами типа джойстиков добавится чувствительность рукояти.

Степень трудоемкости для тренажера является многопараметрической характеристикой, то есть показатель трудоемкости может зависеть от совокупности атрибутов ИС. Если рассматривать нечеткую модель для атрибутов среды, то для трех термов число правил определяется: 3^N , где N — число атрибутов ИС. При увеличении числа атрибутов ИС база правил увеличивается экспоненциально, что может привести к комбинаторному “взрыву” и увеличению вычислительной нагрузки.

Для этих целей применяется оптимизатор на основе метода, который определяет оптимальное нечеткое правило для получения конкретных атрибутов среды, влияющих на производительность оператора.

Так как число атрибутов может достигать десятков и даже сотен, можно использовать апробированные эвристические методы оптимизации для нечетких моделей, среди них генетический алгоритм. Генетический алгоритм имеет стохастическую природу: защита от преждевременной сходимости (оператор

Работай до тех пор, пока твои кумиры не станут твоими конкурентами.

Дэн Мильштейн

мутации), накопление полезных признаков (метод “Рулетки”). Данные особенности алгоритма позволяют оптимизировать правило для нечеткой модели. На основе полученного правила можно сформировать программу профессиональной подготовки. В структурной схеме определен дополнительный модуль для формирования оптимального нечеткого правила на верхнем уровне проектирования.

Результаты экспериментальных исследований методики интеллектуализации ИС

Для апробации предложенной методики было проведено экспериментальное исследование для низкого уровня проектирования. Результаты высокого уровня проектирования представлены в работе [10].

На низком уровне проектирования были определены и доработаны специальные тесты: реакция на движущийся объект (РДО) и моторное слежение (МС). Определены нечеткие модели для тестов РДО и МС. Входные параметры для нечеткой модели для РДО (время реакции), а степень трудоемкости в форме (скорости движения объекта). Входные параметры для нечеткой модели для МС (время выполнения и отклонение от горизонтальной и вертикальной оси), а степень трудоемкости в форме (чувствительности отклонения от горизонтальной и вертикальной оси).

В ходе экспериментальных исследований были сформированы контрольная и экспериментальная группы однородные по половозрастному принципу, каждая по 35 человек и по шесть человек внутри каждой группы для проверки когнитивной нагрузки.

Для оценки эффективности подготовки операторов были реализованы три программные модификации тестов (низкоуровневое проектирование). Первая модификация не включала разработанный алгоритм индивидуальной генерации программы профессиональной подготовки (ИГППП), тогда как вторая включала. Третья модификация не включала алгоритм ИГППП, но реализовывала сценарий повышенной сложности с использованием параметров, вносящих высокую степень трудоёмкости при реализации операторской задачи.

На первой программной модификации обучалась контрольная группа, на второй — экспериментальная. После обучения обе группы оценивались на третьей программной модификации. Полученные результаты для низкоуровневого проектирования сведены в таблицу.

По полученным результатам можно судить об улучшении показателей производительности операторов экспериментальной группы, которая обучалась на тестах с алгоритмом ИГППП. В отдельных случаях, показатели производительности (сенсорный уровень) повышались до 83%.

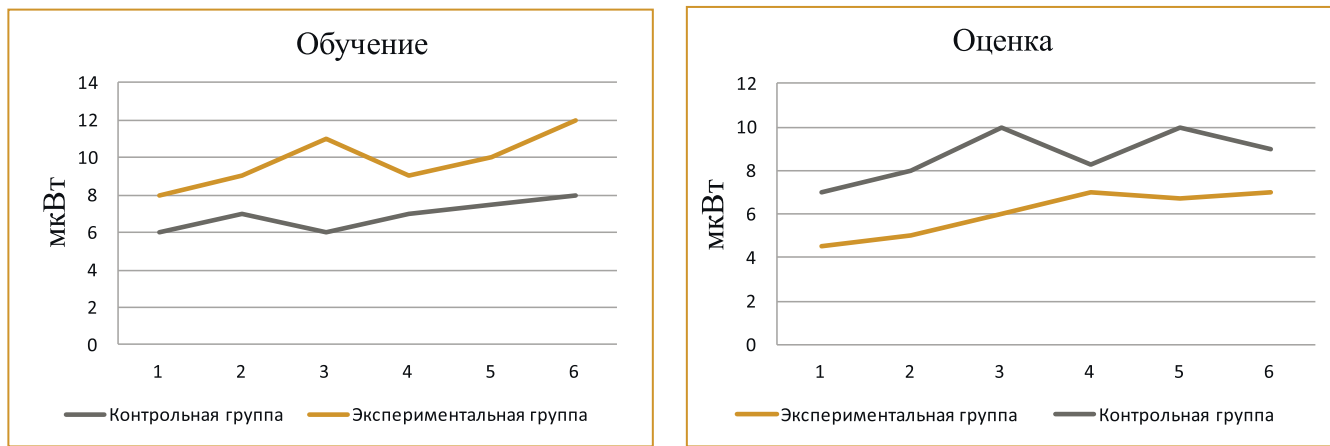


Рис. 5. Исследование когнитивной нагрузки при выполнении задачи зрительно-моторного слежения в ИС на этапе обучения и оценки

Необходимым условием перехода на высокоуровневое проектирование при положительной оценке эффективности алгоритма ИГППП является мониторинг когнитивной нагрузки с использованием электроэнцефалографа. Для проведения измерения когнитивной нагрузки были задействованы по шесть человек из каждой группы в процессе выполнения теста РДО.

На рис. 5. (слева) представлены результаты в процессе обучения, где по оси ординат представлены измеренные значения напряженности ЭЭГ-сигналов (мкВт), по оси абсцисс — число испытуемых, (ед.). Из графика видно, что у экспериментальной группы уровень ЭЭГ-сигнала выше, чем у контрольной группы.

На рис. 5 (справа) представлен график измерения ЭЭГ-сигналов в процессе оценки. Результаты измерений показали, что уровень ЭЭГ-сигнала у контрольной группы стал выше, чем у экспериментальной. Это можно объяснить более высокой интенсивностью обучения за счет постоянной генерации новых программ подготовки.

Полученные результаты подтверждают целесообразность реализации алгоритма ИГППП с использованием предложенной методики проектирования.

Заключение

Предложена методика создания интеллектуальной ИС для тренажера, генерирующей индивидуальные программы подготовки оператора на основе обратной связи вида “результат-изменение параметров задачи”. Проектирование ИС для профессиональной подготовки осуществляется в два этапа: на нижнем уровне выбираются простейшие действия оператора и специальные тесты для оценки производительности его работы. На верхнем уровне выбираются показатели производительности и параметры ИС, влияющие на сложность выполнения задачи. На ос-

нове выбранных параметров реализуется алгоритм ИГППП, основанный на нечеткой модели, который показал свою эффективность в ходе экспериментальных исследований.

Список литературы

1. Дозорцев В.М. Технологии виртуальной реальности в обучении операторов технологических процессов // Автоматизация в промышленности. 2018. С.42-50.
2. Gonzalez-Franco M., Cermeron J., Rodrigo P., Li K. Immersive Mixed reality for Manufacturing Training: Frontiers in Robotics and AI // Frontiers in Robotics and AI. 2017. Vol. 4. № 3.
3. Mestre D. et al. Immersion et présence // Le traité de la réalité virtuelle. Paris: Ecole des Mines de Paris. 2006. P. 309-38.
4. Bowman D.A., McMahan R.P. Virtual reality: how much immersion is enough? // Computer. 2007. Vol. 40. № 7.
5. Сергеев С.Ф. Адаптивность в тренажерах // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2011. № 6 (76).
6. Jerald J. The VR book: Human-centered design for virtual reality. Morgan & Claypool. 2015.
7. Вербицкая Н.О., Чекотин Р.С. Формирование нейрометодики профессионального обучения в условиях человеко-машинного взаимодействия // Вестник ЮУрГУ. Серия: Образование. Педагогические науки. 2017. Т. 9. № 2.
8. Петухов И.В., Стешина Л.А., Глушкова М.Г. Информационное и математическое обеспечение исследования деятельности оператора человеко-машинных систем // Вестник МарГТУ. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2010. № 3. С. 58-66.
9. Курасов П.А. Оценка способности к обучению при зрительно-моторном слежении // Фундаментальные исследования. 2013. № 10. С. 1694-1698.
10. Глазырин А.Е., Стешина Л.А., Петухов И.В. Методика проектирования иммерсивного тренажера для автоматизации профессиональной подготовки операторов эргатических систем управления // Вестник СамГТУ. Серия: Технические науки. 2019. № 2(62).

Глазырин Андрей Евгеньевич — аспирант кафедры “Проектирования и производства электронно-вычислительных средств” ФГБОУ ВО “Поволжский государственный технологический университет”.

Контактный телефон (917) 713-74-11.

Email: railot116@gmail.com