

Автоматизация контроля динамики освоения умений при выполнении упражнений на компьютерном тренажере оператора производственно-технологической системы

Р.А. Файзрахманов, И.С. Полевщиков, И.И. Ибраев

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Аннотация: В статье предложена модель, на основе которой осуществляется автоматический контроль динамики освоения умений на основе принципов итеративного научения, что обеспечивает учет постепенного формирования умений обучаемым при многократном выполнении упражнения на компьютерном тренажере в повторяющихся условиях. Это достигается за счет вычисления автоматизированной обучающей системой промежуточного порогового значения комплексного коэффициента освоения с использованием математических моделей итеративного научения. Значение данного коэффициента влияет на процесс формирования управляющих воздействий. В ближайшей перспективе планируется реализация алгоритмического, программного и информационного обеспечения автоматизированной обучающей системы в соответствии с предложенной моделью вычисления промежуточного порогового значения комплексного коэффициента освоения.

Ключевые слова: автоматизированная обучающая система, компьютерный тренажер, профессиональные умения и навыки, нечеткие множества, модели итеративного научения, метод анализа иерархий, кривая научения, скорость научения.

Во многих современных областях профессиональной деятельности от специалистов требуется точное выполнение действий сенсомоторного характера с учетом конкретной ситуации (например, в технической области – водителям, крановщикам и т.д.), что главным образом обусловлено необходимостью безопасного и эффективного выполнения работ с использованием технологического оборудования. Важнейшей основой для точного выполнения подобных действий являются профессиональные умения и навыки.

В настоящее время разработаны различные модели и методы, позволяющие повысить эффективность приобретения профессиональных умений и навыков операторами сложных производственно-технологических процессов за счет использования разнообразных компьютерных средств учебного назначения, главным образом компьютерных тренажеров и

создаваемых на их основе автоматизированных обучающих систем (АОС) [1-5].

Однако, нерешенным является вопрос разработки моделей, методов и средств, позволяющих автоматически и всесторонне управлять динамикой освоения профессиональных умений. Предлагаемая методика решения данной проблемы описана далее.

Разработана модель, позволяющая однозначно оценить процесс выполнения упражнения обучаемым на компьютерном тренажере единой величиной - комплексной оценкой, названной комплексным коэффициентом освоения (K_{osv}). Комплексный коэффициент освоения вычисляется автоматически как среднее арифметическое взвешенное отдельных коэффициентов освоения, каждый из которых соответствует определенному показателю качества и получен с использованием нечетких множеств [6-8]. Веса отдельных показателей качества определяются с использованием метода анализа иерархий [4].

В настройках АОС устанавливается итоговое пороговое значение комплексного коэффициента освоения (K_{itog}), с которым будет сопоставляться K_{osv} при формировании подсказок обучаемому.

Также разработана модель (рис. 1), на основе которой осуществляется автоматический контроль динамики освоения умений на основе принципов итеративного научения [9, 10], что обеспечивает учет постепенного формирования умений обучаемым при многократном выполнении упражнения в повторяющихся условиях. Это достигается за счет вычисления автоматизированной обучающей системой промежуточного порогового значения комплексного коэффициента освоения (K_{prom}) с использованием математических моделей итеративного научения. При формировании

подсказок обучаемому учитывается как соотношение K_{osv} и $K_{итог}$, так и соотношение K_{osv} и K_{prom} .



Рис. 1. – Вычисление промежуточного порогового значения комплексного коэффициента освоения

Известно, что для формирования умений и навыков у обучаемого на требуемом уровне необходимо выполнить упражнение многократно в строго повторяющихся условиях. Данный процесс, называемый итеративным обучением, подробно описан в работе [9].

Благодаря постоянству внешних условий, возможно количественно описать процесс итеративного обучения как зависимость комплексного коэффициента освоения упражнения от числа попыток выполнения данного упражнения. Подобные зависимости носят название кривых научения, и, как правило, аппроксимируются экспоненциальными кривыми [9].

Для описания процесса изменения комплексного коэффициента освоения в ходе многократного выполнения некоторого упражнения обучаемым, опираясь на существующие математические модели итеративного обучения [9], используем следующую зависимость:

$$K_{osv} = 1 - e^{-\gamma N_{упр}}, \quad (1)$$

где $N_{упр}$ – количество попыток выполнения упражнения с момента начала обучения;

K_{osv} – значение комплексного коэффициента освоения после выполнения упражнения $N_{упр}$ раз;

γ – скорость научения, т.е. скорость изменения кривой научения, представляющая собой неотрицательную константу.

Скорость научения γ индивидуальна и отражает процесс выполнения некоторого упражнения конкретным обучаемым.

Данная, достаточно простая зависимость (1), отражает лишь общую тенденцию процесса обучения. Но в виду слабой формализуемости задачи управления процессом освоения умений и навыков с использованием АОС, такая зависимость подходит наилучшим образом.

Экспертами может быть установлено рекомендуемое для освоения умения количество попыток выполнения того или иного упражнения N_{upr}^{rek} . Например, в работе [2] говорилось о 5-10 попытках при обучении крановщика порталного крана.

Зная рекомендуемые экспертами значения количества попыток выполнения упражнения и итогового порогового значения комплексного коэффициента освоения, воспользовавшись формулой (1), можно вычислить рекомендуемую скорость научения:

$$\gamma_{rek} = -\frac{\ln(1 - K_{itog})}{N_{upr}^{rek}}, \quad (2)$$

где γ_{rek} – рекомендуемая скорость научения;

K_{itog} – итоговое пороговое значение комплексного коэффициента освоения упражнения;

N_{upr}^{rek} – рекомендуемое количество попыток выполнения упражнения для освоения умения.

Затем вычисленное по формуле (2) значение скорости научения можно использовать для нахождения промежуточного порогового значения комплексного коэффициента освоения:

$$K_{prom} = 1 - e^{-\gamma_{rek} N_{upr}}, \quad (3)$$

где K_{prom} – промежуточное пороговое значение комплексного коэффициента освоения;

γ_{rek} - рекомендуемая скорость научения;

N_{upr} - количество попыток выполнения упражнения обучаемым на данный момент времени.

Таким образом, если итоговое пороговое значение комплексного коэффициента освоения K_{itog} - это значение, которое должно быть достигнуто в момент освоения обучаемым соответствующего умения, то промежуточное пороговое значение комплексного коэффициента освоения K_{prom} - это значение, которое должно быть достигнуто после выполнения обучаемым упражнения некоторое количество раз.

Использование промежуточного порогового значения комплексного коэффициента освоения K_{prom} является новым по сравнению с существующими исследованиями. Автоматическое вычисление данного значения и его применение в процессе управления позволяют сделать этот процесс более эффективным, по сравнению с тем, если бы использовалось только итоговое пороговое значение комплексного коэффициента освоения K_{itog} , поскольку сопоставление K_{osv} с значением K_{prom} , вычисленным по формуле (3), позволяет учесть динамику освоения умения в ходе многократного выполнения упражнения обучаемым и тем самым понять, достиг ли обучаемый хотя бы тех результатов, которых должен был достигнуть на данный момент времени.

В ближайшей перспективе планируется реализация алгоритмического, программного и информационного обеспечения АОС в соответствии с предложенной моделью вычисления промежуточного порогового значения комплексного коэффициента освоения.

Литература

1. Файзрахманов Р.А., Полевщиков И.С. Анализ методов и средств автоматизации процесса обучения операторов производственно-технологических систем (на примере операторов перегрузочных машин) // Современные проблемы науки и образования. 2013. №5. URL: science-education.ru/111-10494.

2. Щемелева Т.К. Система подготовки крановщиков с применением тренажеров: 30 лет спустя // Вестник ПГТУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2009. №3. С. 106-109.

3. Долгова Е.В., Файзрахманов Р.А., Курушин Д.С., Федоров А.Б., Хабибулин А.Ф., Шаронов А.А. Архитектура мобильного тренажера погрузочно-разгрузочного устройства // Инженерный вестник Дона. 2012. №4-1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4t1y2012/1327.

4. Файзрахманов Р.А., Мехоношин А.С., Бакунов Р.Р., Федоров А.Б., Бикметов Р.Р. Особенности разработки и реализации мобильных пультов тренажерного комплекса оператора порталного крана // Инженерный вестник Дона. 2012. №4-1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4t1y2012/1267.

5. Файзрахманов Р.А., Бакунов Р.Р., Мехоношин А.С. Создание трехмерных моделей для системы визуализации тренажерного комплекса // Вестник ПГТУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2011. №5. С. 62-69.

6. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.

7. Azarkasb S.O. An Efficient Intrusion Detection System Based on Fuzzy Genetic approaches // Life Science Journal. 2013. №10(8s). pp. 6-21. URL: lifesciencesite.com/lcj/life1008s/002_19226life1008s_6_21.pdf.

8. Файзрахманов Р.А., Полевщиков И.С. Оценка качества выполнения упражнений на компьютерном тренажере перегрузочной машины с

использованием нечетких множеств // Инженерный вестник Дона. 2012. №4-1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4t1y2012/1265.

9. Новиков Д.А. Закономерности итеративного научения. М.: Институт проблем управления РАН, 1998. 77 с.

10. Fayzrakhmanov R.A., Polevshchikov I.S. Increased of Efficiency in the Automated Training of Fuelling Machine Operators Using Iterative Simulation Learning // World Applied Sciences Journal. 2013. №22 (Special Issue on Techniques and Technologies). pp. 70-75. URL: [idosi.org/wasj/wasj22\(tt\)13/12.pdf](http://idosi.org/wasj/wasj22(tt)13/12.pdf).

References

1. Fayzrakhmanov R.A., Polevshchikov I.S. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2013. №5. URL: science-education.ru/111-10494.

2. Shchemeleva T.K. Vestnik PGTU. Elektrotehnika, informatsionnye tekhnologii, sistemy upravleniya. 2009. №3. pp. 106-109.

3. Dolgova E.V., Fayzrakhmanov R.A., Kurushin D.S., Fedorov A.B., Khabibulin A.F., Sharonov A.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2012. №4-1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4t1y2012/1327.

4. Fayzrakhmanov R.A., Mekhonoshin A.S., Bakunov R.R., Fedorov A.B., Bikmetov R.R. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2012. №4-1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4t1y2012/1267.

5. Fayzrakhmanov R.A., Bakunov R.R., Mekhonoshin A.S. Vestnik PGTU. Elektrotehnika, informatsionnye tekhnologii, sistemy upravleniya. 2011. №5. pp. 62-69.

6. Leonenkov A.V. Nchetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH [Fuzzy modeling in MATLAB and fuzzyTECH]. Saint Petersburg: BKhV-Peterburg, 2005. 736 p.



7. Azarkasb S.O. Life Science Journal. 2013. №10 (8s). pp. 6-21. URL: lifesciencesite.com/lcj/life1008s/002_19226life1008s_6_21.pdf.

8. Fayzrakhmanov R.A., Polevshchikov I.S. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2012. №4-1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4t1y2012/1265.

9. Novikov D.A. Zakonomernosti iterativnogo naucheniya [Laws of the iterative learning]. Moscow: Institut problem upravleniya RAN, 1998. 77 p.

10. Fayzrakhmanov R.A., Polevshchikov I.S. World Applied Sciences Journal. 2013. №22 (Special Issue on Techniques and Technologies). pp. 70-75. URL: [idosi.org/wasj/wasj22\(tt\)13/12.pdf](http://idosi.org/wasj/wasj22(tt)13/12.pdf).