

ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРОВ ТРАНСПОРТНО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН ПО ОБОБЩЕННОМУ КРИТЕРИЮ

Абдрахманов А.А.¹, Великанов В.С.¹, Усов И.Г.¹, Сафин Г.Г.¹

¹ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, Россия (455000, Магнитогорск, пр.Ленина, 38) e-mail: azich@bk.ru

В статье предложено решение актуальной проблемы оценки качества внутрифирменной подготовки специалистов (на примере операторов карьерных гусеничных экскаваторов) как в условиях учебных центров горных предприятий, так и на базе учебных заведений с использованием разработанного компьютерного тренажерно-моделирующего комплекса (КТМК). Комплекс позволяет с минимальными затратами и в короткие сроки подготовить оператора для реальных условий работы. Разработана методика оценки качества обучения и тренажерной подготовки оператора горной техники по обобщенному критерию (коэффициенту эффективности) с использованием математического аппарата теории нечеткой логики и нечетких множеств. Аппарат нечеткой логики позволяет формализовать и преобразовывать количественно нечеткие (качественные) понятия, которыми оперируют эксперты при описании своих представлений о реальной системе, рекомендаций и целей управления.

Ключевые слова: обучение, подготовка, системы, тренажеры, нечеткие множества, модели, переменные

EVALUATION OF THE PRODUCTION ACTIVITY OF OPERATORS OF TRANSPORT TECHNOLOGICAL MACHINES FOR GENERALIZED CRITERION

Abdrahmanov A.A.¹, Velikanov V.S.¹, Usov I.G.¹, Safin G.G.¹

¹Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia, e-mail:azich@bk.ru

The article provides a solution to the urgent problem of assessing the quality of in-house training of specialists (for example, tracked excavators for quarry operators), both in terms of training centers of mining enterprises and educational institutions on the basis of using the developed computer-modeling complex trenazherno (КТМК). The system allows the lowest cost and in a short time to prepare a statement for the real working environment. A method for assessing the quality of training and simulator training operators of mining equipment for the generalized criterion (efficiency ratio) using the mathematical apparatus of the theory of fuzzy logic and fuzzy sets. Fuzzy logic allows to formalize and transform fuzzy quantified (qualitative) concepts, operated by experts in describing their perceptions of the real system, recommendations, and management purposes.

Keywords: education, training, systems, simulators, fuzzy sets, models, variables

В соответствии с «Энергетической стратегией России на период до 2030 года» горная промышленность должна достигнуть принципиально нового уровня развития. Для достижения поставленных целей необходимо решение ряда актуальных проблем, таких как: физический и моральный износ основных фондов; усиливающаяся зависимость отрасли от импорта технологий и оборудования; дефицит специалистов, способных быстро и адекватно осваивать технику и технологии.

К тому же недостаток квалифицированных кадров усугубляется общей демографической обстановкой. По прогнозу Росстата сокращение численности населения в трудоспособном возрасте в 2007–2025 гг. составит 16,2 млн человек. При этом уровень общей образовательной подготовки непрерывно снижается [6].

Решение проблемы дефицита квалифицированных специалистов нашло отражение в «Стратегии развития системы подготовки рабочих кадров и формирования прикладных

квалификаций в РФ на период до 2020 года». Целями данной «Стратегии» являются: повышение привлекательности рабочих специальностей, формирование прикладных квалификаций, обеспечение взаимовыгодного партнерства профобразования и бизнеса, повышение внутренней эффективности системы профессионального образования [7].

С целью конкретизации объекта исследования в статье рассмотрены вопросы повышения качества подготовки высококвалифицированных специалистов для предприятий горной промышленности и оценки результатов внутрифирменного обучения.

Совершенствование структуры парка экскаваторов, модернизация и улучшение технико-эксплуатационных характеристик машин, внедрение современных технологий горных работ определяют необходимость обновления содержания и повышения качества подготовки машинистов экскаваторов.

Исследование современных методов обучения показывает [9], что традиционные подходы к проведению занятий на курсах подготовки и переподготовки малоэффективны по сравнению с практикой. Согласно исследованиям Национальной тренинговой лаборатории США спустя две недели после занятий разных типов в памяти человека фиксируется лишь часть из полученных знаний (рис. 1).



Рис. 1. «Пирамида обучения»

Традиционным методом обучения операторов являются упражнения на реальном оборудовании. Однако при этом виде обучения возникает ряд трудностей, таких как: частое отсутствие поэтапности и непрерывности; отсутствие объективного контроля; ограничение времени тренировок; отсутствие возможности для самоподготовки; высокая вероятность создания аварийной ситуации. Для обучения из производственного технологического процесса отвлекается техника, которая в процессе обучения изнашивается, дополнительно расходуется электроэнергия.

Как показывает практика, данный недостаток можно исправить путем использования в обучении тренажеров. В настоящее время большинство специалистов утверждает, что

использование тренажеров сокращает время обучения в шесть-восемь раз по сравнению с обучением на реальном объекте.

Подготовка операторов для предприятий горной промышленности имеет свои особенности, связанные с тем, что технологические процессы производятся, как правило, в сложных горно-геологических и климатических условиях. На карьерах, разрезах и шахтах эксплуатируются агрегаты большой единичной мощности. Кроме того, обучение персонала на действующих горных машинах требует значительных капитальных затрат и может привести к возникновению аварий.

При обучении оператора целесообразно использовать именно те устройства, которые будут использоваться в его дальнейшей профессиональной деятельности. Основой функционирования тренажеров являются имитационные математические модели. Такие модели строятся на основе знаний экспертов, представленных в виде таблиц и графиков.

Необходимо учитывать то, что первоначально подготовка (в основном теоретическая) технологического персонала осуществляется в учебных заведениях. В результате обучение, повышение уровня подготовки и переподготовка специалистов горного профиля в рамках как вузовского, так и послевузовского образования находятся в сфере ответственности образовательного учреждения [4].

На кафедре горных машин и транспортно-технологических комплексов ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова» разработан компьютерный тренажерно-моделирующий комплекс (КТМК). В нем реализованы различные тренажерные системы, они направлены на отработку как практических действий, так и виртуальных, а также несут в себе методические приемы, ориентированные на предметное изучение и освоение теоретического материала (рис. 2).

Преимущества подготовки специалистов на базе КТМК: мобильность, размещается в компьютерных классах учебных заведений и учебных центрах предприятий; новый формат проведения занятий — использование возможностей КТМК позволяет сочетать в учебном процессе освоение теоретического курса, лабораторных работ и практических занятий с самостоятельной работой; повышение качества подготовки за счет наглядности обучения и имитации реальных ситуаций и режимов работы; уменьшение затрат на обучение.

В КТМК реализованы структура компьютерной обучающей системы, математическое и программное обеспечение с учетом опыта промышленного использования горного оборудования и требований, предъявляемых технологической инструкцией к персоналу (машинистам экскаватора) [1, 2].

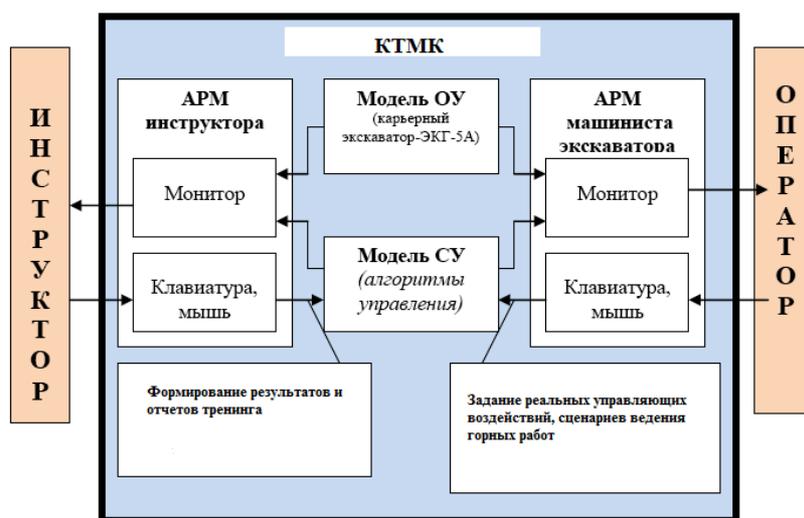


Рис. 2.Обобщенная схема КТМК

В данное время оценка и управление эффективностью деятельности являются одной из проблемных процедур в большинстве предприятий и компаний. Менеджменту необходимы гарантии того, что каждый сотрудник на своем месте выполнит стоящие перед ним задачи в полном объеме и в срок. Поэтому для компании очень важно иметь адекватные информационные «портреты» своих сотрудников.

Методика оценки

Анализ трудовой деятельности операторов, учет мнений экспертов, изучение требований технологических регламентов и инструкций по эксплуатации горных машин позволили определить круг задач профессиональной деятельности. Авторами предлагается оценивать качество обучения и тренажерной подготовки операторов горной техники по обобщенному критерию — коэффициенту эффективности деятельности.

Оценке подлежит текущий уровень профессиональных знаний и навыков, каждая из групп складывается в результате обработки соответствующих ключевых индикаторов.

Классификация по группам, определяющих эффективность функционирования оператора, представлена в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Классификация по группам ключевых индикаторов

Группа	Ключевые индикаторы	Балльная оценка
	К ₁ — устройство и технические характеристики обслуживаемого экскаватора	
	К ₂ — принцип работы механического, гидравлического и электрического оборудования экскаватора	
	К ₃ — рациональные режимы работы экскаватора и приемы черпания; приемы управления механизмами экскаватора при разработке тяжелых и легких грунтов	
	К ₄ — правила разработки горной массы и грунта на поверхности	

Теоретические знания	К ₅ — способы разработки забоя	
	К ₆ — основные сведения о ведении открытых горных работ и горно-геологическая характеристика участка	
	К ₇ — признаки оползневых явлений	
	К ₈ — физико-механические свойства разрабатываемых пород и отличие полезных ископаемых от породы	
	К ₉ — разработка и ведение линии забоя, методы применения различных способов экскавации в зависимости от системы и условий разработки	
	К ₁₀ — правила погрузки горной массы и грунта в железнодорожные составы, думпкары, автомашины и в люки бункеров у конвейерных линий	
	К ₁₁ — причины возникновения неисправностей в работе экскаватора и способы их устранения	
	К ₁₂ — виды ремонта, монтажа и демонтажа экскаватора; конструкции быстроизнашивающихся деталей и узлов экскаватора и порядок их замены	
Практические навыки и	К ₁₃ — разработка горной массы и грунта	
	К ₁₄ — перемещение топлива и различных материалов на складах, на транспортные средства, в отвал	
	К ₁₅ — планировка забоя, верхней и нижней площадок уступа	
	К ₁₆ — перемещение экскаватора в процессе работы	
	К ₁₇ — обеспечение технически правильной разработки забоя и эффективного использования экскаватора	
	К ₁₉ — послойное разрабатывание грунта. Обеспечение выемки горной массы по сортам	
	К ₂₀ — погрузка полезного ископаемого и породы в железнодорожные составы, думпкары	
	К ₂₁ — производство селективной разработки забоя	
	К ₂₂ — профилирование трассы экскаватора	
	К ₂₃ — погрузка полезного ископаемого и породы в автомашины	
	К ₂₄ — очистка ковша от налипшего грунта	
	К ₂₅ — профилактический осмотр и участие в ремонте экскаватора	
К ₂₆ — укладка породы в выработанном пространстве и на отвале		

Таблица 2

Балльная оценка и интерпретация ключевых индикаторов

Балл	Интерпретация
0	оценивается вид деятельности, качество которого не проявляется
1	оценивается вид деятельности, качество которого проявляется удовлетворительно
2	оценивается вид деятельности, качество которого проявляется на достаточно хорошем уровне
3	оценивается вид деятельности, качество которого проявляется на высоком уровне

Учитывая, что многие из показателей, характеризующих уровень профессиональной компетентности машинистов карьерных экскаваторов и подлежащих экспертному описанию, могут быть отнесены к слабоформализуемым, представляется целесообразным применить математический аппарат теории нечетких множеств для количественной обработки информации, получаемой в виде нечисловых вербальных оценок. Впервые такой подход был предложен американским математиком Л. Заде и предназначался для формализации

неточных понятий, анализа и моделирования систем, в которых участвует человек. Отличительной особенностью данного математического аппарата является возможность формализовать и преобразовывать количественно нечеткие (качественные) понятия, которыми оперируют эксперты при описании своих представлений о реальной системе, своих пожеланий, рекомендаций, целей управления.

Нечеткие модели имеют ряд особенностей по сравнению с традиционными:

- 1) являются более гибкими, поскольку учитывают опыт и интуицию специалиста;
- 2) являются более адекватными при моделировании реальности и позволяют получать наиболее точное решение;
- 3) затраты времени для получения результата незначительны;
- 4) позволяют сократить время обработки информации;
- 5) нечеткие модели создаются тогда, когда построение четких невозможно или затруднительно.

Отметим, что важнейшей особенностью жизнеспособности любой теоретической концепции является ее реализация и поддержка в соответствующих программных продуктах. В настоящее время доступно порядка 100 пакетов прикладных программ, которые в малой или большей степени затрагивают нечеткую логику [3].

Среди данных пакетов большой популярностью пользуются FuzzyTECH и расширение Fuzzy Logic Toolbox for MatLab. Важным плюсом среды MatLab является тот факт, что она востребована в СНГ и имеется достаточное количество документации и информационных источников по ее применению [8].

В настоящей работе для компьютерной реализации математических моделей с элементами нечеткой логики использовано расширение Fuzzy Logic Toolbox for MatLab.

Нечеткая модель состоит из двух входных лингвистических переменных (теоретические знания и практические навыки машиниста), базы логических правил управления и выходной лингвистической переменной — коэффициента эффективности деятельности (рис. 3–5) [5].

Низкий уровень готовности	Пониженный уровень готовности	Средний уровень готовности	Высокий уровень готовности
$k_{эф} < 0,35$	$0,35 < k_{эф} < 0,55$	$0,55 < k_{эф} < 0,75$	$0,75 < k_{эф} < 0,9$

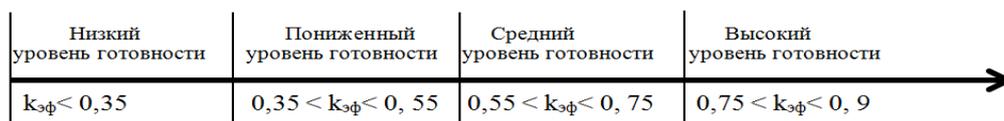


Рис. 3. Числовые значения, необходимые для формирования аргумента функции принадлежности выходной переменной

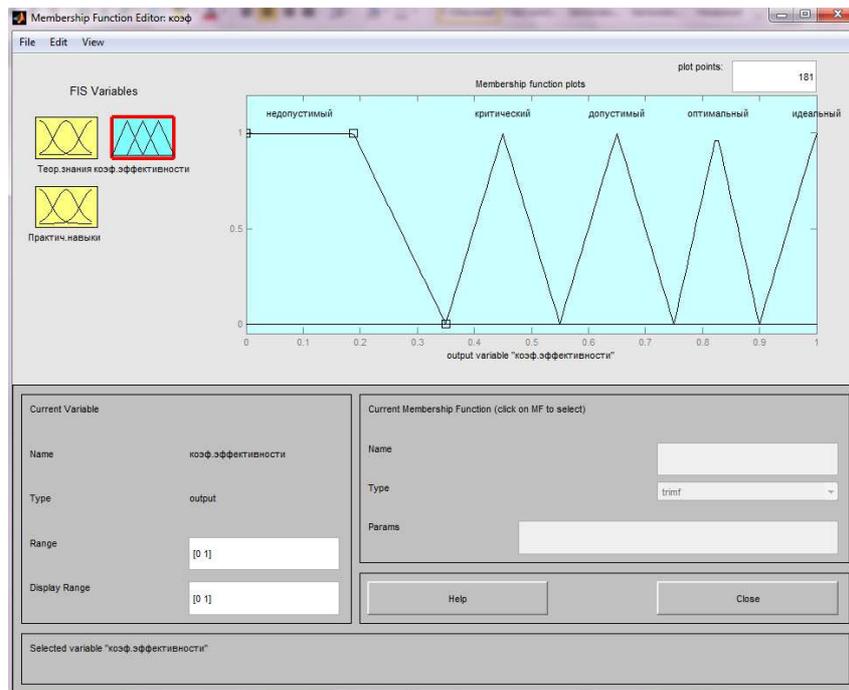


Рис. 4. Вид функций принадлежности выходной переменной «коэффициент эффективности деятельности машиниста экскаватора»

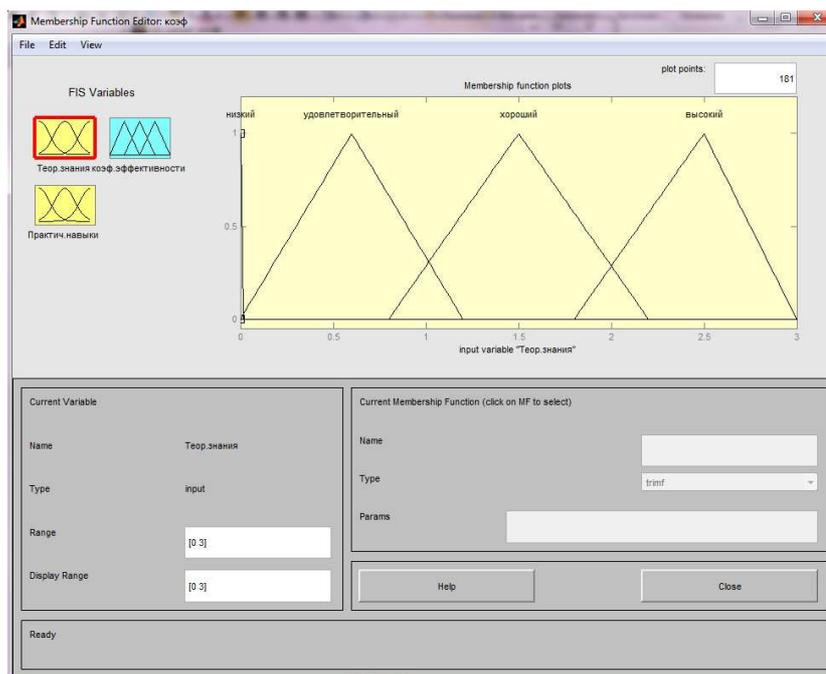


Рис. 5. Вид функций принадлежности входной переменной «теоретические знания»

Логические правила объединяются в одну базу, которая является множеством отдельных условий управления, согласованных относительно используемых в них лингвистических переменных, соответствующих показателям в форме структурированного текста:

Правило_1(R_i): если «условие_1», то «заключение_1» (F_1) → ... → Правило_n(R_n): если «условие_n», то «заключение_n» (F_n)

Метод нечеткого логического вывода может быть использован для выявления итоговой оценки по каждому индикатору в отдельности с целью установления эффективности выполнения конкретных технологических операций, а также ранжирования машинистов путем сравнения соответствующих им траекторий профессионального развития.

Вывод

Использование предлагаемой методики позволит периодически оценивать профессиональные качества работников горно-добывающих предприятий и результатов внутрифирменного обучения, а также формировать динамические ряды, отражающие их профессиональное развитие.

Список литературы

1. Великанов В.С. Подготовка и тренинг операторов горно-транспортных машин с использованием компьютерного тренажерно-моделирующего комплекса / Горный информационно-аналитический бюллетень–2011. – СВ № 5. – С. 312–318.
2. Великанов В.С., Шабанов А.А., Исмагилов К.В Тренажерная подготовка кадров для горной промышленности как системообразующий фактор в сфере обеспечения эффективной эксплуатации горного оборудования / Горный информационно-аналитический бюллетень 2012. – СВ № 2 – С. 153–158.
3. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. – М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.
4. Осипова В.А., Данькина Г.Б. // Повышение эффективности обучения операторов технологических процессов на базе компьютерных тренажеров. Системы. Методы. Технологии. – 2011. – № 3(11). – С. 106–114.
5. Скороход С.В. Отбор персонала в условиях нечеткой информации на основе экспертных оценок // Известия Южного федерального университета. Серия: Технические науки, 2008. – № 9 (Т. 86). – С. 125–130.
6. Стратегия развития системы подготовки рабочих кадров и формирования прикладных квалификаций в Российской Федерации на период до 2020 года / Министерство образования и науки Российской Федерации – М., 2013.
7. Файзрахманов Р.А., Полевщиков И.С. Оценка качества выполнения упражнений на компьютерном тренажере перегрузочной машины с использованием нечетких множеств // Инженерный вестник Дона, 2012, № 4 (часть 1) URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1265
8. Федосеев С.А., Вожаков А.В., Гитман М.Б. Модель оптимального планирования производства на тактическом уровне с нечеткими ограничениями и критериями // Вестник

Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2009. — №4. — С. 57–65.

9. Хафизов Ф.Ш., Кудрявцев А.А., Шевченко Д.И. Общая концепция интегрированной обучающей системы для трубопроводного транспорта нефти // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2011. № 5. С. 476–487.

Рецензенты:

Першин Г.Д., д.т.н., профессор, профессор кафедры ГМиТТК ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск;

Анцупов А.В., д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Технологии машиностроения» ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.