

УДК 622 – 1:[658. 512. 2:331.101.1]

А.А. Шабанов, В.С. Великанов

ОБОСНОВАНИЕ ПОДХОДА В ЗАДАНИИ КОЭФФИЦИЕНТА ОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРАВИЛ НЕЧЕТКИХ ПРОДУКЦИЙ В СИСТЕМАХ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА

Данная статья является продолжением цикла публикаций, посвященных оценке и управлению эргономичностью горных машин с использованием математического аппарата теории нечеткой логики и нечетких множеств.

В работах [1, 2] определено, что эргономичность горной машины является критериальной категорией качества продукции, рассматриваемой в концепции управления эргономическим уровнем качества (эргономичностью) продукции (УЭКП) как объект управления. В соответствии с основными принципами концепции, эргономическая оценка горной машины необходима для определения степени реализации эргономических требований и выработки управляющих воздействий, направленных на достижение требуемой эргономичности.

На основе работ ВНИИТЭ была разработана концепция структурной схемы эргономических показателей карьерных экскаваторов: управляемости, обитаемости, обслуживаемости, осваиваемости и технологичности. Данная схема определяет зависимость и иерархичность эргономических факторов и устанавливает связь комплексных показателей с уровнем качества экскаватора (рис. 1) [3, 4].

Работой [5], определены значения весовых коэффициентов соответствующих эргономических показателей: $m_1=0,33$; $m_2=0,29$; $m_3=0,14$; $m_4=0,13$, $m_5=0,11$.

Анализ современного состояния научного обеспечения эргономичности горных машин и публикаций по проблемам функционирования человеко-машинных систем позволили сделать вывод о том, что в этой области за последние годы проделана большая научная работа.

Однако остаются нерешенными вопросы мате-

матического описания качественно-количественных характеристик разнородных эргономических показателей, что требует использования новых подходов для определения уровня эргономичности горных машин.

Работами [6-9] предложен метод математической формализации информации в терминах нечетких множеств, позволяющий адаптировать математический аппарат теории нечеткой логики для приложения к предметной области исследования эргономичности горных машин.

Разработан комплекс нечетких моделей и алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия решений, основанный на формализации информации в терминах нечеткой математики, отличающиеся возможностью агрегирования разнородных эргономических показателей, с использованием специализированного программного обеспечения на ЭВМ в среде MATLAB (табл. 1).

Отметим что, нечеткий вывод занимает центральное место в нечеткой логике и системах нечеткого управления. Процесс нечеткого вывода представляет собой некоторую процедуру или алгоритм получения нечетких заключений на основе нечетких условий или предпосылок с использованием понятий нечеткой логики.

Этот процесс соединяет в себе все основные концепции теории нечетких множеств: функции принадлежности, лингвистические переменные, нечеткие логические операции, методы нечеткой импликации и нечеткой композиции. В системах нечеткого вывода используются правила нечетких продукций, в которых условия и заключения сформулированы в терминах нечетких лингвистических высказываний. Совокупность таких правил называются базами правил нечетких продукций [10].

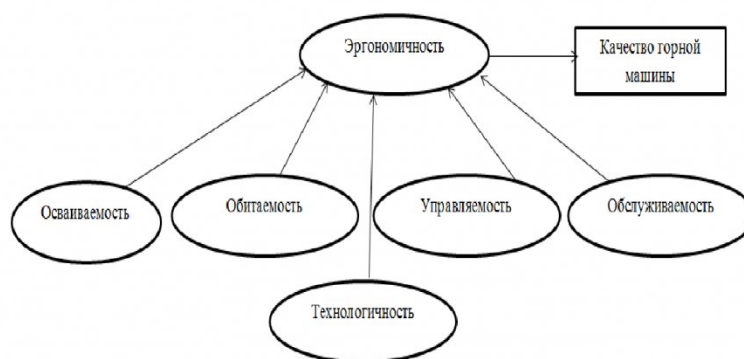


Рис. 1. Структура эргономических свойств

Таблица 1. Нечеткие модели по оценке и управлению эргономичностью горных машин

№ п/п	Разработанные модели	Входные лингвистические переменные	Выходная лингвистическая переменная
1	Нечеткая система по комплексной оценке эргономичности горной машины	1. управляемость; 2. обитаемость; 3. обслуживаемость; 4. осваиваемость; 5. технологичность.	Эргономичность горной машины
2	Нечеткая система управления функциональным комфортом на рабочем месте оператора горной машины [4]	1. температура воздуха в кабине оператора; 2. скорость изменения температуры воздуха в кабине оператора; 3. влажность воздуха в кабине оператора.	Коэффициент обитаемости в кабине оператора
3	Нечеткая система для оценки профессиональной компетентности машинистов карьерных экскаваторов [5]	1. теоретические знания машиниста экскаватора; 2. практические навыки машиниста экскаватора	Коэффициент эффективности деятельности машиниста экскаватора
4	Нечеткая система по оценке уровня обитаемости	1. освещенность забоя; 2. вибрация кресла машиниста; 3. запыленность кабины; 4. уровень шума в кабине машиниста.	Обитаемость
5	Нечеткая система исследования влияния структуры и режимов управления на показатели эксплуатационной надежности ЭКГ	1. скорость подъема ковша ЭКГ; 2. коэффициент управления.	Напряжения в рукояти ЭКГ

Наиболее часто база правил представляется в форме структурированного текста:

ПРАВИЛО_1: ЕСЛИ «Условие_1»
ТО «Заключение_1» (F_1)
ПРАВИЛО_2: ЕСЛИ «Условие_2»
ТО «Заключение_2» (F_2)
...
ПРАВИЛО_ n : ЕСЛИ «Условие_ n »
ТО «Заключение_ n » (F_n).

Здесь через F_i ($i \in \{1, 2, \dots, n\}$) обозначены коэффициенты определенности или весовые коэффициенты соответствующих правил, принимающие значения из интервала $[0, 1]$.

На рис. 2 представлен пример создания системы нечеткого вывода по комплексной оценке эргономичности горной машины с помощью графических средств пакета Fuzzy Logic Toolbox среда MATLAB (табл. 1).

Следует отметить, что в разработанной модели весовые коэффициенты соответствующих правил были приняты по умолчанию равными 1. В среде MATLAB имеется возможность анализа результатов нечеткого вывода и адекватности созданной модели с возможностью изменения существующих правил или добавления новых, изменения вида и параметров функций принадлежности и задания коэффициентов определенности правил нечетких продукций.

Проведенные исследования и накопленный опыт создания нечетких моделей позволили обосновать подход в задании коэффициента опреде-

ленности для каждого из подзаключений при создании базы правил, учитывающий степень влияния каждого из факторов в формировании комплексной оценки эргономичности (табл. 3).

Активизация в системах нечеткого вывода представляет собой процедуру нахождения степени истинности каждого из подзаключений правил нечетких продукций. Она выполняется следующим образом. До начала этого этапа предполагаются известными значения истинности всех условий системы нечеткого вывода, т.е. множество значений $B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$ и значений коэффициентов определенности F_i для каждого правила. Далее рассматривается каждое из заключений правил системы нечеткого вывода, если заключение правил представляет собой нечеткое высказывание вида (1), то степень его истинности равна алгебраическому произведению соответствующего значения b_i на F_i [10].

В рассматриваемом примере база правил состоит из сложных заключений вида (2), т.е. заключение включает несколько подзаключений, причем лингвистические переменные в подзаключениях попарно не равны друг другу, тогда степень истинности каждого из подзаключений равна алгебраическому произведению соответствующего значения b_i на F_i . Таким образом, находятся все значения c_k степеней истинности подзаключений для каждого из правил входящих в базу пра-

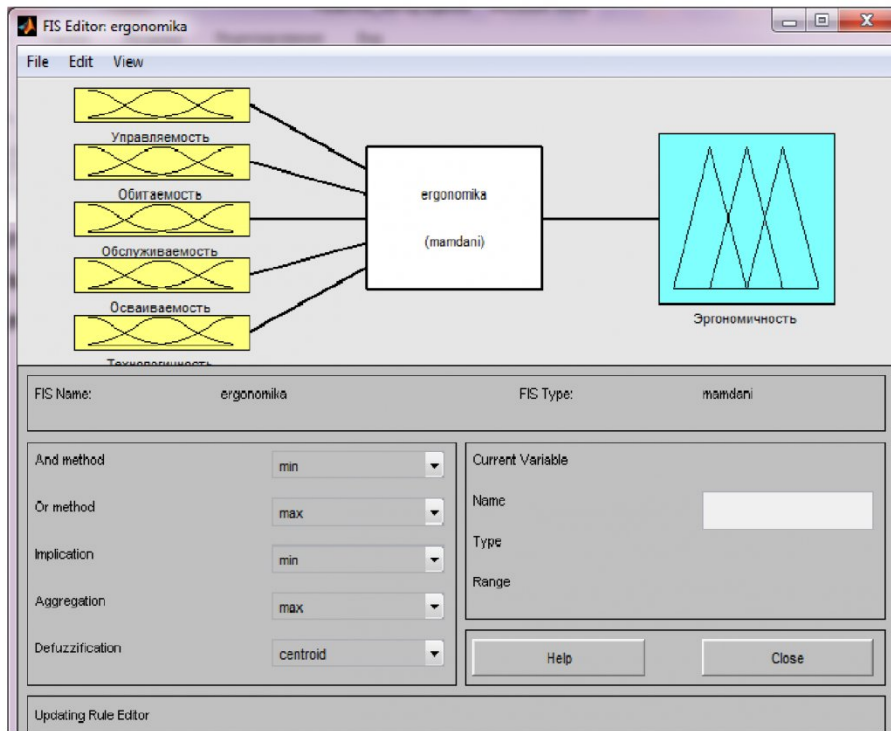


Рис. 2. Вид редактора FIS разработанной модели

вил системы нечеткого вывода. Это множество значений обозначим через $C = \{c_1, c_2, \dots, c_g\}$, где

g - общее количество подзаключений в базе.

ПРАВИЛО <#>: ЕСЛИ « β_1 есть α »
ТО « β_2 есть α » И « β_3 есть ν »

или (2)

ПРАВИЛО <#>: ЕСЛИ « β_1 есть α »
ТО « β_2 есть α » ИЛИ « β_3 есть ν ».

В дальнейшем после нахождения множества C определяются функции принадлежности каждого из подзаключений для рассматриваемых выходных лингвистических переменных.

Для этой цели можно использовать один из

методов, являющихся модификацией того или иного метода нечеткой композиции: min-активизация: $\mu'(y) = \min\{c_i, \mu(y)\}$; prod-активизация: $\mu'(y) = c_i * \mu(y)$; average-активизация: $\mu'(y) = 0,5 * (c_i + \mu(y))$.

Для реализации процесса нечеткого моделирования в среде MATLAB имеется возможность по разработке и корректировке в интерактивном режиме с помощью графических средств редактирования и визуализации всех компонентов систем нечеткого вывода. Особенности процесса разработки систем нечеткого вывода, рекомендации по

Таблица 2. Фрагмент базы логических правил системы нечеткого вывода по комплексной оценке эргономичности ЭКГ

№	Входные переменные системы нечеткого вывода					Выход системы
	Управляемость	Обитаемость	Обслуживаемость	Осваиваемость	Технологичность	Эргономичность
R_1	плохая	плохая	плохая	плохая	плохая	неблагоприятная
R_2	хорошая	плохая	плохая	плохая	плохая	удовлетворительная
R_n
R_{50}	хорошая	хорошая	хорошая	хорошая	хорошая	предпочтительная

Таблица 3. Соответствие степени влияния факторов в задании коэффициента определенности

Эргономические показатели	Значения весовых коэффициентов	Лингвистическая оценка степени влияния	Отметка на шкале определенности	
			диапазон	среднее значение
управляемость	0,33	очень высокая	Более 0,951	0,970
обитаемость	0,29	высокая	0,873...0,951	0,912
осваиваемость	0,14	средняя	0,692...0,873	0,783
обслуживаемость	0,13	ниже средней	0,368...0,692	0,530
технологичность	0,11	слабая	0,066...0,368	0,217

выполнению необходимой последовательности действий изложены в [10].

Относительно тематики данной статьи остановимся на редакторе правил (Rule Editor), использованном для задания и редактирования, отдельных правил.

В соответствии с предложенным подходом была произведена модификация разработанной модели, для этого в поле ввода Weight заданы значения коэффициента определенности (табл. 3) и произведена корректировка текста и связок правил (переключатель Connection) (табл. 2).

Следует отметить, что модель содержит 50 логических правил, поэтому задание коэффициента определенности для соответствующего правила выполняется по упрощенной процедуре.

Выходная лингвистическая переменная “эргономичность” задана в виде:

$T = (<\text{неблагоприятная, удовлетворительная, предпочтительная}>, [0 - 100\%])$.

В созданной модели для отдельной нечеткой переменной $\alpha_1 = <\text{неблагоприятная}>$ соответствует минимальное значение коэффициента определенности $F_i = 0,217$, $\alpha_2 = <\text{удовлетворительная}>$ - $F_i = 0,783$ и $\alpha_3 = <\text{предпочтительная}>$ - $F_i = 0,970$ соответствующих R_n - правил базы логических правил системы нечеткого вывода.

Таким образом, в результате более тонкой настройки модели имеется возможность в определенной степени удобства эксплуатации горной машины, путем отображения результирующего уровня эргономичности за счет изменения значений отдельных входных переменных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Даниляк В.И. К концепции человеческого фактора в управлении качеством продукции: Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Управление качеством и сертификация». – М.: МАТИ-РГТУ, 2002.
2. Velikanov V.S. Evaluation and management ergonomic mining machines and complexes based on fuzzy-set approach // European Science and Technology: 4th International scientific conference. Munich 2013.
3. Хусаинов В.Г. Обоснование и расчет эргономических показателей карьерных гусеничных экскаваторов производства ОАО «Уралмаш»: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Екатеринбург: УГГУ, 2006. – 20 с.
4. Головин В.С. Эргономика горнорудного оборудования. – М.: Недра, 1990. – 183 с.
5. Великанов В.С., Шабанов А.А. Метод анализа иерархий в установлении значений весовых коэффициентов эргономических показателей карьерных экскаваторов // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики Сб. науч. тр. – Тула: Изд-во ТулГУ 2012. – Т1, С. 238-244.
6. Великанов В.С., Шабанов А.А. О перспективах исследований в области эргономического обеспечения отечественных карьерных экскаваторов // Известия ТулГУ. Технические науки. Вып.4. Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. – С. 19-29.
7. Великанов В.С. Использование нечеткой логики и теории нечетких множеств для управления эргономическими показателями качества карьерных экскаваторов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: изд-во «Горная книга», 2010. – № 9. – С. 57-62.
8. Великанов В.С., Шабанов А.А. Оценка одиночных и групповых эргономических показателей горно - транспортного оборудования на основе нечетких моделей // Перспективы развития горно-транспортного оборудования: Сборник статей. Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня. – М.: изд-во «Горная книга», 2011. – ОВ №5. – С. 326-332.
9. Великанов В.С. Разработка алгоритмов нечеткого моделирования для интеллектуальной поддержки принятия решений по определению уровня эргономичности карьерных экскаваторов // Горная промышленность. – 2011. – № 5. – С. 64-70.
10. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.

□ Авторы статьи:

Шабанов
Александр Анатольевич,
аспирант каф. горных машин и
транспортно-технологических ком-
плексов (Магнитогорский государ-
ственный технический ун-т им. Г.И.
Носова»). Email: goldberg1@pochta.ru

Великанов
Владимир Семенович,
канд. техн. наук, доцент каф. гор-
ных машин и транспортно-
технологических комплексов (Маг-
нитогорский государственный тех-
нический ун-т им. Г.И. Носова»).
Email: rizhik_00@mail.ru