

В процессе апробации данной модели подобраны программно-аппаратные средства, интеграция которых предопределялась возможностью интеграции в бизнес-процессы на всех этапах производственного цикла. Применение данной модели на примере горнопромышленного предприятия позволило значительно повысить показатели эффективности функционирования горнопромышленного предприятия: снизить время производственного цикла, увеличить производительность горного предприятия, уменьшить себестоимость руды на 15 %, 14 % и 10 % соответственно.

Список литературы

1. Гончаренко А. Н. Разработка методики комплексной оценки ИТ-проектов на промышленном предприятии / А. Н. Гончаренко // Сборник научных трудов МАДИ (ГТУ) «Методы управления потоками в транспортных системах». – М., 2009. – С. 83–94.
2. Гуськов О. И. Математические методы в геологии. Сборник задач : учеб. пос. для вузов / О. И. Гуськов, П. Н. Кушнарев, С. М. Таранов. – М. : Недра, 2006.
3. Колмогоров А. Н. Теория информации и теория алгоритмов / А. Н. Колмогоров. – М. : Наука, 2007. – 304 с.
4. Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики / Ж. Матерон. – М. : Мир, 2008.
5. Федунец Н. И. Проблемы повышения производственного потенциала горнорудных предприятий по добыче медно-никелевых руд / Н. И. Федунец, С. Н. Гончаренко // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – № 9. – С. 189–196.

References

1. Goncharenko A. N. Razrabotka metodiki kompleksnoj ocenki IT-proektov na promyshlennom predpriyatii / A. N. Goncharenko // Sbornik nauchnyh trudov MADI (GTU) «Metody upravlenija potokami v transportnyh sistemah». – M., 2009. – S. 83–94.
2. Gus'kov O. I. Matematicheskie metody v geologii. Sbornik zadach : ucheb. pos. dlja vuzov / O. I. Gus'kov, P. N. Kushnarev, S. M. Taranov. – M. : Nedra, 2006.
3. Kolmogorov A. N. Teorija informacii i teorija algoritmov / A. N. Kolmogorov. – M. : Nauka, 2007. – 304 s.
4. Materon Zh. Osnovy prikladnoj geostatistiki / Zh. Materon. – M. : Mir, 2008.
5. Fedunec N. I. Problemy povyshenija proizvodstvennogo potenciala gornorudnyh predpriyatij po dobyche medno-nikelevykh rud / N. I. Fedunec, S. N. Goncharenko // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. – 2006. – № 9. – S. 189–196.

УДК 681.3.069

АНАЛИЗ РАНЖИРОВАНИЯ ВАРИАНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ДЕФАССИФИКАЦИИ ЗНАЧЕНИЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Хоменко Татьяна Владимировна, кандидат технических наук, Астраханский государственный технический университет, 414025, Россия, Астрахань, Татищева, 16, e-mail: t v homenko@ mail.ru.

Васильева Татьяна Валерьевна, ассистент, Астраханский государственный технический университет, 414025, Россия, Астрахань, Татищева, 16, e-mail: vasilevatv77@ mail.ru.

Существующая автоматизированная система поискового конструирования «Интеллект» обеспечивает автоматизацию ранжирования синтезированных вариантов технических решений этапа концептуального проектирования по совокупности десяти экс-

УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

луатационных характеристик, приписанных каждому физико-техническому эффекту, входящему в синтезированный вариант физического принципа действия чувствительного элемента. Все эксплуатационные характеристики имеют числовые значения. Однако одна часть эксплуатационных характеристик совокупности рассчитывается на базе основополагающих понятий энерго-информационного метода, значения эксплуатационных характеристик другой части совокупности есть результат обработки экспертной информации, то есть значения этих эксплуатационных характеристик вследствие субъективности могут носить как четкий, так и нечеткий характер.

Современные методы и алгоритмы аппарата нечетких множеств и нечеткой логики позволяют выполнять ранжирование синтезированных решений, проводимое по критерию, значения компонент которого, представлены не только однородно-количественно, но и разнородно-количественно и/или качественно. Реализация алгоритмов ранжирования по неоднородному критерию позволит увеличить потенциал автоматизированных систем поискового конструирования.

В статье приводятся результаты сравнительного анализа качества ранжирования при нечетких значениях компонент критерия оценивания технических решений и при критерии, значения компонент которого получены после их дефаззификации различными методами. Сделан вывод о целесообразности приведения разнородного критерия к однородному критерию, содержащему компоненты, значения которого представлены только численно.

Ключевые слова: физический принцип действия, чувствительные элементы, поисковое конструирование, автоматизированные системы, эксплуатационные характеристики, энерго-информационный метод, ранжирование, дефаззификация нечетких значений.

RANKING ANALYSIS OF OPTIONS FOR SOLUTIONS TO THE PERFORMANCE OF VALUES DEFUZZIFICATION

Khomenko Tatyana V., Candidate of Technical sciences, Astrakhan State Technical University, 414025, Russia, Astrakhan, Tatishcheva 16, e-mail: t_v_homenko@mail.ru.

Vasilyeva Tatyana V., Assistant, State Technical University, 414025, Russia, Astrakhan, Tatishcheva 16, e-mail: vasilevatv77@mail.ru.

The existing automated system of search designing «Intellekt» provides automation of ranging of the synthesized variants of technical decisions of a stage of conceptual designing on set of ten operational characteristics, attributed to each physicotchnical effect entering into the synthesized variant of a physical principle of action of a sensitive element. All operational characteristics have numerical values. However, one part of operational characteristics of set pays off on the basis of basic concepts of a power-information method, value of operational characteristics, other part of set there is a result of processing of the expert information, that is values of these operational characteristics, in a subjectivity consequence, can carry both accurate, and indistinct character.

Modern methods and algorithms of the device of indistinct sets and the indistinct logic allow to carry out the ranging of the synthesized decisions spent by criterion, values which component, are presented not only is homogeneous – quantitatively, but also it is diverse – quantitatively and/or qualitatively. Realization of algorithms of ranging by non-uniform criterion will allow to increase potential of the automated systems of search designing.

In article results of the comparative analysis of quality of ranging are resulted at indistinct values a component of criterion of estimation of technical decisions and at criterion, values which component, received after them defuzzification by various methods. On the basis of what, the conclusion is drawn on expediency of reduction of diverse criterion to the homogeneous criterion containing components which values are presented only numerically.

Key words: physical principle of operation, sensors, search engine design, automated systems, performance, energy-information method, ranking, defuzzification of fuzzy values.

Задача автоматизации процесса принятия решения остается одной из наиболее сложных в области проектирования. Существующие автоматизированные системы поискового конструирования [5, с. 136] обеспечивают автоматизацию ранжирования вариантов физического принципа действия (ФПД) чувствительных элементов (ЧЭ), представляемого в виде синтезированной цепочки последовательно соединенных физико-технических эффектов (ФТЭ), и выбор лучшего решения по совокупности эксплуатационных характеристик (ЭХ): « e_1 – диапазон», « e_2 – погрешность», « e_3 – чувствительность», « e_4 – надежность», « e_5 – массогабаритные параметры», « e_6 – цена». Совокупность ЭХ рассматривается как критерий оценивания, а ЭХ – как компоненты критерия.

Отсутствие однозначного определения экспертами значений всех компонент критерия оценивания ФТЭ привело к необходимости использования ЭХ, значения которых заданы не только в скалярной форме, но и в виде нечеткой/лингвистической переменной [2, с. 89].

Успешное функционирование автоматизированных систем поискового конструирования с расширенными возможностями будет зависеть от того, насколько хорошо согласованы и реализованы в вычислительной среде все этапы процесса концептуального проектирования.

Следовательно, выполнив процедуру дефаззификации [3, с. 198] различными методами [3, с. 208] и сравнив результаты ранжирования, можно выявить целесообразность дефаззификации нечеткой/лингвистической переменной для дальнейшего применения алгоритмов ранжирования и выбора ФПД, учитывающих только четкие значения.

Рассмотрим множество синтезированных вариантов ФПД (рис. 1) автоматизированной системы поискового конструирования «Интеллект» [1, с. 60], содержащее альтернативы $A = \{A1; A2; A3\}$:

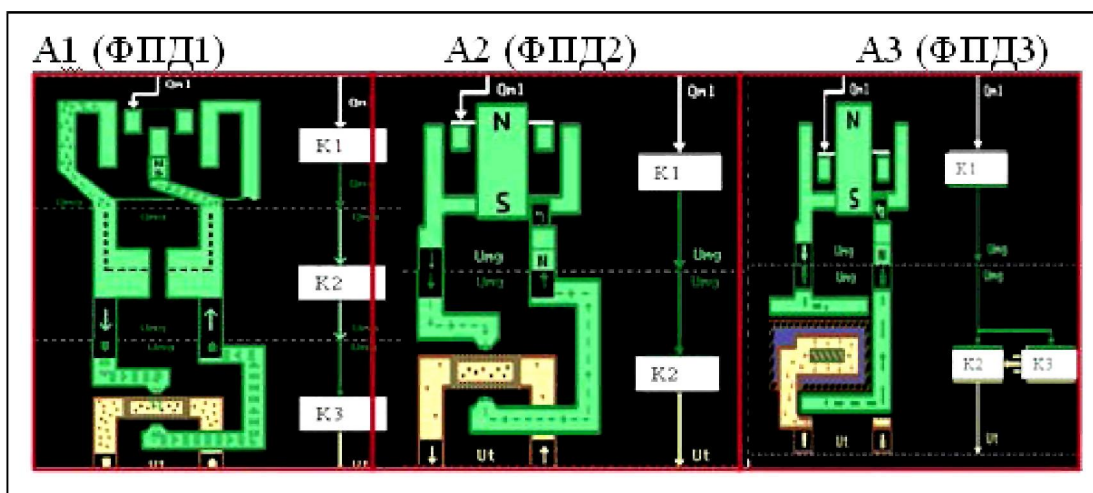


Рис. 1. Альтернативы – синтезированные варианты ФПД

Для каждой альтернативы множества A вариантов ФПД: природа входной величины – механическая линейная (ml), входная величина – перемещение (Q_{ml}); природа выходной величины – тепловая (t), выходная величина – разность температур (U_t).

УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Для альтернативы A_1 : К1 – ФТЭ: «Эффект зависимости магнитного потока от перемещения», К2 – ФТЭ: «Параметр магнитная жесткость», К3 – ФТЭ: «Эффект Риг и – Ледюка».

Для альтернативы A_2 : К1 – ФТЭ: «Эффект регулируемого магнитного напряжения», К2 – ФТЭ: «Эффект Риги – Ледюка».

Для альтернативы A_3 : К1 – ФТЭ: «Эффект регулируемого магнитного напряжения», К2 – ФТЭ: «Магнетокалорический эффект в парамагнетиках».

Пусть в результате соответствующих процедур и применения математического аппарата нечетких множеств [4] получены значения компонент критерия оценивания, представленные в таблице 1, для каждой альтернативы множества A вариантов ФПД.

Таблица 1

Значения компонент критерия оценивания ФПД

Компоненты критерия	Исходы – альтернативы		
	A_1	A_2	A_3
e_1 – диапазон	0–0,009 м	0–0,05 м	0–0,009 м
e_2 – погрешность	5,1 %	5,48 %	5,2 %
e_3 – чувствительность	2 К/М	150 К/М	0,037 К/М
e_4 – надежность	1,16e–0,4 отк/час	не меньше, чем $2 \cdot 10^{-5}$	1,5e–0,5 отк/час
e_5 – массогабаритные параметры	больше, чем средние	около 0,7кг/м	0,51кг/м
e_6 – цена	5 у.е.	средняя	около 12 у.е.

Рассмотрим как пример значение, представленное в виде нечеткой переменной **F1**, компоненты e_5 – «массогабаритные параметры» критерия оценивания альтернативы A_1 :

$$N := \text{«БОЛЬШЕ, ЧЕМ СРЕДНЯЯ»}; X_6 = [5; 35];$$

$$\tilde{A}_{t,h_j} = \{(20/0,05), (25/0,99), (28/0,015)\}$$

значение, представленное в виде нечеткой переменной **F2**, компоненты « e_4 – надежность» критерия оценивания альтернативы A_2 :

$$N := \text{«НЕ МЕНЬШЕ, ЧЕМ } 2 \cdot 10^{-5}\text{»}; X = \{1 \cdot 10^{-4}; 2 \cdot 10^{-4}; 1 \cdot 10^{-5}; 2 \cdot 10^{-5}\}$$

$$\tilde{A} = \{(1 \cdot 10^{-4}/0,07), (2 \cdot 10^{-4}/0,09), (1 \cdot 10^{-5}/0,7), (2 \cdot 10^{-5}/0,11)\}$$

значение, представленное в виде нечеткой переменной **F3**, компоненты « e_6 – цена» критерия оценивания альтернативы A_3 :

$$N := \text{«ОКОЛО 12»}; X = \{10 ; 12 ; 14 ; 16 ; 18 \}$$

$$\tilde{A} = \{(10/0,3), (12/0,9), (14/0,85), (16 / 0,9), (18 / 0,4)\}.$$

Результат дефаззификации методами «Centroid», «Bisector», «LOM», «SOM», «Mom» для каждой нечеткой переменной представляется в виде матрицы. Так, для нечетких переменных, характеризующих значение компонент критерия оценивания альтернативы A_1 , результат дефаззификации представлен на рисунке 2.

1 метод дефазификации – Centroid				3 метод дефазификации – LOM				5 метод дефазификации – Mot			
К	Исходы – альтернативы			КК	Исходы – альтернативы			КК	Исходы – альтернативы		
	A ₁	A ₂	A ₃		A ₁	A ₂	A ₃		A ₁	A ₂	A ₃
e ₁	0,018 К										
e ₂	5,1%										
e ₃	2 (КОМ)										
e ₄	1,16e-04										
e ₅	0,09π										
e ₆	δ										

2 метод дефазификации – Bisector				4 метод дефазификации – SOM			
КК	Исходы – альтернативы			КК	Исходы – альтернативы		
	A ₁	A ₂	A ₃		A ₁	A ₂	A ₃
e ₁	0,018 К	10 К	3,33e-03 К	e ₁	0,018 К	10 К	3,33e-03 К
e ₂	5,1%	5,48%	5,2%	e ₂	5,1%	5,48%	5,2%
e ₃	2 (КОМ)	130 (КОМ)	0,037 (КОМ)	e ₃	2 (КОМ)	130 (КОМ)	0,037 (КОМ)
e ₄	1,16e-04	2,7e-05	1,5e-05	e ₄	1,16e-04	2,7e-05	1,5e-05
e ₅	0,125π	0,77π	0,51π	e ₅	0,95π	0,72π	0,51π
e ₆	7	9	15	e ₆	6	10	14

Рис. 2. Результат дефазификации нечеткой переменной

В таблице 2 представлены методы, их математическая модель и результаты дефазификации нечетких переменных F1, F2 и F3.

Таблица 2

Методы и результаты дефазификации нечетких переменных

Наименование метода	Математическая модель	F1	F2	F3
1. Centroid (центр тяжести)	$a = \frac{\int_u^{\bar{u}} u \cdot \mu_{\tilde{A}}(u) du}{\int_u^{\bar{u}} \mu_{\tilde{A}}(u) du}$	$a_{11} = 0,09$	$a_{12} = 2 \cdot 10^{-4}$	$a_{13} = 12$
2. Bisector (медиана)	$\int_u^a \mu_{\tilde{A}}(u) du = \int_a^{\bar{u}} \mu_{\tilde{A}}(u) du$	$a_{21} = 0,18$	$a_{22} = 2 \cdot 10^{-5}$	$a_{23} = 14$
3. LOM (наибольший из максимумов)	$a = \frac{\int_G u \cdot \mu_{\tilde{A}}(u) du}{\int_G \mu_{\tilde{A}}(u) du}$	$a_{31} = 0,10$	$a_{32} = 2 \cdot 10^{-4}$	$a_{33} = 16$
4. SOM (наименьший из максимумов)	$a = \max(G)$	$a_{41} = 0,09$	$a_{42} = 1 \cdot 10^{-4}$	$a_{43} = 12$
5. Mot (центр максимумов)	$a = \min(G)$	$a_{51} = 0,15$	$a_{52} = 1 \cdot 10^{-5}$	$a_{53} = 14$

Примечание: где G – множество всех элементов из интервала $[u, \bar{u}]$, имеющих максимальную степень принадлежности нечеткому множеству \tilde{A} .

Очевидны расхождения в значениях компонент критерия оценивания ФТЭ в результате дефазификации нечеткой переменной различными методами. Поэтому, используя различные значения компонент критерия оценивания, получаем различные варианты ранжирования.

Для оценки качества ранжирования альтернатив двумя способами:

- ρ_1 (использование алгоритмов выбора лучших технических решений в нечеткой среде);
- ρ_2 (дефазификация нечетких значений, методами 1–5, с последующим использованием алгоритмов выбора лучших технических решений в четкой среде), использовался выборочный коэффициент ранговой корреляции Спирмена (табл. 3).

Результаты экспериментального сравнения

1 метод: <i>Centroid</i>	2 метод: <i>Bisector</i>	3 метод: <i>LOM</i>	4 метод: <i>SOM</i>	5 метод: <i>Mom</i>
$\rho_1 = 0,44$	$\rho_1 = 0,35$	$\rho_1 = 0,55$	$\rho_1 = 0,38$	$\rho_1 = 0,4$
$\rho_2 = 0,12$	$\rho_2 = 0,2$	$\rho_2 = 0,3$	$\rho_2 = 0,23$	$\rho_2 = 0,21$
ρ_1 выше на 32 %	ρ_1 выше на 15 %	ρ_1 выше на 25 %	ρ_1 выше на 15 %	ρ_1 выше на 19 %

Анализ результатов показал, что качественный признак ранжирования при использовании алгоритмов выбора лучших технических решений, учитывающих нечеткие значения эксплуатационных характеристик ФПД, без приведения к четкости выше в среднем на 21 %.

В настоящее время разработана автоматизированная система, охватывающая задачи ранжирования и выбора лучших технических решений по критерию оценивания ФПД как с четкими, так и с нечеткими значениями. Реализация такой системы позволяет, во-первых, совместить различные методы ранжирования при различно заданных компонентах критерия – ЭХ ФТЭ: как четко так и в нечетко/лингвистически заданной форме, во-вторых, применять разработанную систему на ранних этапах проектирования технических объектов.

Список литературы

1. Зарипов М. Ф. Предметно-ориентированная среда для поиска новых технических решений «Интеллект» / М. Ф. Зарипов, И. Ю. Петрова // Региональная информатика – 95 : IV Санкт-Петербургская Международная конференция «РИ-95» : сб. тр. Междунар. науч. конф. – СПб., 1995. – С. 60–61.
2. Мурыгин М. А. Использование лингвистических переменных в качестве значений эксплуатационных характеристик физико-технических эффектов / М. А. Мурыгин, Т. В. Хоменко // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2008. – № 1 (1). – С. 89–92.
3. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат ; пер. с англ. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 798 с.
4. Поспелов Д. А. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта : учеб. / Д. А. Поспелов, А. Н. Аверкин, И. З. Батыршин, А. Ф. Блишун [и др.] ; под ред. Д. А. Поспелова. – М. : Наука, 1986. – 312 с.
5. Хоменко Т. В. Автоматизированные системы поискового конструирования: системный анализ и развитие системной парадигмы / Т. В. Хоменко // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2010. – № 1. – С. 136–141.

References

1. Zaripov M. F. Predmetno-orientirovannaya sreda dlya poiska novykh tehniceskikh reshenii «Intellekt» / M. F. Zaripov, I. Yu. Petrova // Regional'naya informatika – 95 : IV Sankt-Peterburgskaya Mezhdunarodnaya konferenciya «RI-95» : sb. tr. Mezhdunar. nauch. konf. – SPb., 1995. – S. 60–61.
2. Murygin M. A. Ispol'zovanie lingvisticheskikh peremennykh v kachestve znachenii ekspluatatsionnykh harakteristik fiziko-tehnicheskikh effektiv / M. A. Murygin, T. V. Homenko // Prikaspiiskii zhurnal: upravlenie i vysokie tehnologii. – 2008. – № 1 (1). – S. 89–92.
3. Pegat A. Nechetkoe modelirovanie i upravlenie / A. Pegat ; per. s angl. – M. : BINOM. Laboratoriya znaniy, 2009. – 798 s.
4. Pospelov D. A. Nechetkie mnozhestva v modelyakh upravleniya i iskusstvennogo intellekta : ucheb. / D. A. Pospelov, A. N. Averkin, I. Z. Batyrshin, A. F. Blishun [i dr.]; pod red. D. A. Pospelova. – M. : Nauka, 1986. – 312 s.
5. Homenko T. V. Avtomatizirovannye sistemy poiskovogo konstruirovaniya: sistemnyi analiz i razvitie sistemnoi paradigmy / T. V. Homenko // Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tehnika i informatika. – 2010. – № 1. – S. 136–141.