

Математические основы дискриминантного анализа позволяют принять условие, что функция $\mu_\phi(\cdot)$ есть обычное отображение вида: $\phi: \{y_{ij}\} \rightarrow \{\alpha_{ig}\}$ [6-

$$\mu_g = \sup_{g=1,\theta} \min \{\mu^o(y_\omega^j), \mu(y_{ij}) : i = \overline{1, n}; j = \overline{1, N}\}.$$

Количество (θ) вариантов ОВ может быть определено как число сочетаний C_m^N ,

$$m = \sum_{j=1}^N \varepsilon_j; \varepsilon_j = \{2, \text{если } (j \in \omega_1) \wedge (j \in \omega_2); |$$

Заметим, что в том случае, если все производимые измерения и принимаемые решения четки, то $\mu_\phi = 1$ и $\theta = 1$, т.е. решение задачи сводится к обычному, четкому дискриминантному анализу.

Число вариантов может быть сокращено, если принять условие, что функция принадлежности каждого g -го варианта комплектования ОВ должна быть не ниже некоторого порогового значения ($\alpha \cdot$)

8]. Тогда функция $\mu_g(\cdot)$ может быть представлена в следующем виде:

где

четкости оценки ДФ. Для генерации вариантов ОВ могут быть эффективно использованы известные формальные методы.

Рассмотрим пример практической реализации метода. В качестве исходных данных примем данные предыдущего примера (таблица 1) дискриминантного анализа, но будем полагать, что классификация ОВ осуществляется экспертами нечетко. Результаты классификации ОВ представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Результаты классификации ОВ

Table 3.

Results of classification of the training sample

Номера обучаемых	Оцениваемые параметры				
	$y_1(X_1)$	y_2	y_3	$\mu(y_{\omega_1}^j)$	$\mu(y_{\omega_3}^j)$
1	0,87	0,2	0,6	0,8	0,2
2	0,84	0,1	1,0	1	-
3	0,81	0,2	0,9	1	-
4	0,9	0,3	0,7	1	-
5	0,87	0,1	0,8	1	-
6	0,81	0,3	0,1	-	1
7	0,75	0,4	0,2	0,3	0,7
8	0,78	0,3	0,5	0,4	0,6
9	0,84	0,4	0,3	-	1
10	0,75	0,5	0,4	-	1

Верхние и нижние пределы допусков измеренных параметров равны:

$$x_{1H} = 0,75; x_{2H} = 0,1; x_{3H} = 0,1;$$

$$x_{1B} = 0,9; x_{2B} = 0,5; x_{3B} = 1,0;$$

Нормированные значения параметров обучающей выборки вычисляются по аналогии с предыдущим примером. Для выявления всех возможных вариантов формирования обучающих выборок примем условие, что $\mu_g \geq 0,2$. Результаты генерации вариантов формирования обучающих выборок представлены в таблице 4.

Результаты расчетов коэффициентов ДФ для каждого варианта и их функции принадлежности (μ_g) приведены в таблице 5.

Допустим, что с помощью построенной системы дискриминантного анализа необходимо оценить уровень знаний обучающегося. На основе предварительного анализа были определены нормированные значения результатов выполнения им контрольных заданий $y_1 = 0,84; y_2 = 0,3; y_3 = 0,7$ с четкостью $\mu_{01} = \mu_{03} = 1, \mu_{02} = 0$. Вычисленные значения ДФ становится $Q = 0,57 - 0,61$. Как видно из расчетов, по уровню знаний обучающийся

удовлетворяет требованиям профессиональной деятельности и заслуживает положительной оценки.

В том случае, если представление о необходимом уровне знаний обучающихся изменяется вследствие изменения требований к ним, то дискриминантная функция должна быть определена на основе новой обучающей выборки. Признаком необходимости пересмотра состава обучающей выборки является нарушение неравенства (4). Так как

Таблица 4.

Результаты расчета вариантов ОБ

Table 4.

Results of calculation of training sample variants

Номер варианта (g)	Состав ОБ		μ_g
	$j \in \omega_1$	$j \in \omega_2$	
1	1,2,3,4,5	6, 9, 10, 7, 8	0,6
2	1, 2, 3, 4, 5, 7	6, 9, 10, 8	0,2
3	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8	6, 9, 10	0,3
4	2, 3, 4, 5, 7, 8	1, 6, 9, 10	0,2
5	2, 3, 4, 5, 8	1, 6, 9, 10, 7	0,2
6	2, 3, 4, 5	1, 6, 9, 10, 7, 8	0,2

Таблица 5.

Функции принадлежности вариантов ДФ

Table 5.

Membership functions of discriminant function variants

Номер обучающей выборки (g)	Функция принадлежности μ_g	Коэффициенты ДФ		
		α_{1g}	α_{2g}	α_{3g}
1	0,6	0,31	0,33	0,36
2	0,2	0,15	0,2	0,16
3	0,3	0,28	0,25	0,35
4	0,2	0,25	0,35	-0,2
5	0,2	0,16	0,14	-0,23
6	0,2	0,45	0,13	-0,28

Вместе с тем, дискриминантный анализ может найти широкое применение в процедурах анализа состояния объектов различной физической природы, в том числе и сложных технических систем, для которых наиболее важным его результатом является принятие решения о возможности или

подобные изменения в течение всего жизненного цикла обучающей системы возникают относительно редко, то рассчитанная дискриминантная функция может быть использована в течение продолжительного промежутка времени. При этом в рамках этого метода представляется возможным учесть широкий спектр разнообразных факторов, определяющих условия их реальной деятельности.

невозможности его дальнейшей эксплуатации.

В этом случае наличие рассчитанных параметров дискриминантной функции позволяет принять решение исходя из простых расчетов, не требующих глубоких знаний эксплуатационных характеристик объекта.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Андерсон Т. Введение в многомерный статистический анализ. М.: Физматгиз, 1963. 500 с.
2. Малиновский Л.Г. Классификация объектов средствами дискриминантного анализа. М.: Наука, 1979. 260 с.
3. Авен П.О. Построение интегрального показателя в критериальном пространстве. // Автоматика и телемеханика. 1985. № 4. С. 87-91.

REFERENCES

1. Anderson T. Introduction to a Multivariate Statistical Analysis. Moscow: Fizmatgiz; 1963. 500 p.
2. Malinovsky L.G. Classification of Objects by Means of Discriminant Analysis. Moscow: Nauka; 1979. 260 p.
3. Aven P.O. Construction of an Integral Exponent in Criterion Space. Automation and Remote Control. 1985;4:87-91.

4. Беспалько В.П., Татур Ю.Г. Системно-методическое обеспечение учебно-воспитательного процесса подготовки специалистов. М.: Высш. шк., 1989. 141 с. ISBN 5-06-000170-9.

5. Микони С.В., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Квалиметрия моделей и полимодальных комплексов: монография. М.: РАН, 2018. 314 с. ISBN 978-5-907036-32-1.

6. Зайченко Ю.П. Нечеткие модели и методы в интеллектуальных системах. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. Калининград: «Издательский Дом «Слово», 2008. 344 с.

7. Козлов В.Н. Системный анализ, оптимизация и принятие решений: учебное пособие. М.: Изд-во «Прспект», 2014. 176 с.

8. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой информации. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. 208 с.

9. Заде Л.А. Роль мягких вычислений и нечеткой логики в понимании, конструировании и развитии информационных/интеллектуальных систем. // Новости Искусственного Интеллекта. №2-3. 2001. С. 7 — 11. EDN LHAVBC.

10. Федеральный закон № 273-ФЗ от 29.12.2012 (ред. 02.07.2021) «Об образовании в Российской Федерации», статья 2, пункт 15.

11. Spasennikov V., Androsov K., Golubeva G. Ergonomic factors in patenting computer systems for personnel's selection and training // CEUR Workshop Proceedings : 30, Saint Petersburg, 22–25 сентября 2020 года. Saint Petersburg, 2020. P. 1. EDN MRWCZX.

4. Bospalko V.P., Tatur Yu.G. Systematic and Methodological Support of the Educational Process of Training Specialists. Moscow: Vysshaya Shkola; 1989. 141 p.

5. Mikoni S.V., Sokolov B.V., Yusupov R.M. Qualimetry of Models and Polymodal Complexes. Moscow: RAN; 2018. 314 p.

6. Zaichenko Yu.P. Fuzzy Models and Methods in Intelligent Systems. Kaliningrad: Slovo; 2008. 344 p.

7. Kozlov V.N. System Analysis, Optimization and Decision Making. Moscow: Prospekt; 2014. 176 p.

8. Orlovsky S.A. Problems of Decision-Making with Fuzzy Information. Moscow: Nauka; 1981. 208 p.

9. Zadeh L.A. Roles of Soft Computing and Fuzzy Logic in the Conception, Design and Deployment of Information / Intelligent Systems. Computational Intelligence. 2001;2(3):7-11.

10. Federal Law No. 273-FZ of 2012 Dec 29 (as Amended on 2021 Jul 2) on Education in the Russian Federation;2(15).

11. Spasennikov V, Androsov K, Golubeva G. Ergonomic Factors in Patenting Computer Systems for Personnel's Selection and Training. In: Proceedings of the 30th International Conference on Computer Graphics and Machine Vision: CEUR Workshop Proceedings: 30; 2020 Sep 22-25; Saint Petersburg; 2020. p. 1.

Информация об авторах:

Багретов Сергей Алексеевич - доктор технических наук, профессор Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, профессор кафедры, тел. 8(911)779-86-94, международные идентификационные номера автора SPIN-код: 7463-8396, AuthorID: 514551

Мищенко Эдуард Владимирович – кандидат военных наук, Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, тел. 8(911)087-96-37

Розанова Людмила Владимировна – научный сотрудник, Военный институт (научно-исследовательский) Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 01.02.2023; одобрена после рецензирования 13.02.2023; принята к публикации 14.02.2023. Рецензент – Киричек А.В., доктор технических наук, профессор Брянского государственного технического университета, член редакционного совета журнала «Эргодизайн»

The paper was submitted for publication on the 1st of February, 2023; approved after the peer review on the 13th of February, 2023; accepted for publication on the 14th of February, 2023. Reviewer – Kirichek A.V., Doctor of Technical Sciences, Professor of Bryansk State Technical University, member of the editorial board of the journal “Ergodesign”.

Information about the authors:

Bagretov Sergey Alekseevich – Doctor of Technical Sciences, Professor of A.F. Mozhaisky Military Space Academy, Professor of the Department, ph. 8(911)779-86-94; the author's international identification numbers: SPIN-code: 7463-8396, AuthorID: 514551

Mishchenko Eduard Vladimirovich – Candidate of Military Sciences, A.F. Mozhaisky Military Space Academy, ph. 8(911)087-96-37

Rozanova Lyudmila Vladimirovna – Researcher, Military Institute (research) A.F. Mozhaisky Military Space Academy