

15. Надежность, диагностика, контроль авиационных двигателей : моногр. / В. Т. Шепель, М. Л. Кузменко, С. В. Сарычев и др. – Рыбинск : РГТА, 2001. – 351 с.
16. Земрdbg : . В. Теория нейронных сетей. – М. : ИПРЖР, 2000. – 416 с.
17. Нейроdbg <. : ., =Zemrdbg : . В. Нейронные сети: обучение, организация и применение : учеб. пособие по направлению «Прикладная математика и физика» / под общ. ред. А. И. Галушкина. – М. : Издат. предприятие ред. журн. «Радиотехника», 2001. – 256 с. – (Нейрокомпьютеры и их применение ; Кн. 4).
18. Нkhkdbc К. Нейронные сети для обработки информации : пер. с пол. И. Д. Рудинского. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
19. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности : справ. изд. / С. А. Айвазян, В. М. Бухштабер, И. С. Енюков и др. – М. : Финансы и статистика, 1989. – 607 с.
20. Зayg К. : ., qxdh\ В. К., F_rZedbg E. >. Прикладная статистика: Исследование зависимостей : справ. изд. / под ред. С. А. Айвазяна. – М. : Финансы и статистика, 1985. – 487 с.
21. mjIz_\ X . N., Hklj\cdhkdbc <. : . Статистический анализ надежности объектов по ограниченной информации. – М. : Энергоатомиздат, 1995. – 240 с.

S. V. Zhernakov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ufa State Aviation Technical University
R. F. Ravilov, Postgraduate Student, Ufa State Aviation Technical University

Identification of Aviation Engine and its Oil System Parameters on the Basis of Neural Network Technology

The approach to identification of aviation engine parameters on the basis of neural networks is proposed. The method of system design for aviation engine parameters identification on the basis of neural networks that can be applied during bench testing and debugging is discussed.

Keywords: oil system, aircraft gas turbine engine, identification, neural network

Получено: 30.03.11

УДК 658.011.56

D. B. Azfylbg , ведущий инженер-программист;
Воткинский филиал
Ижевского государственного технического университета
□ I . Dmag_ph) кандидат технических наук, доцент
Ижевский государственный технический университет

ВЫБОР И АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ МАШИНОСТРОЕНИЯ В УСЛОВИЯХ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОГО ПРОИЗВОДСТВА *

Hkms_kle_g ZgZeba b ufj nZdljh\ , ebyxsbo gZ wnn_dlbghklv ijhbahkl\gguo kbbkl_f
fZrbghkljh_gby . < j_amevlZl_ ijh\^gguo bkke_hZgbc u^e_g jy^ nZdljh\ , hij^e_gu bo_kh -
u_ dhwnnbpb_glu b ij_eh_g djbl_jbc ufjZ jZpbhgZevgh\ ZjbZglZ ijhbahkl\gghc kbbkl -
fu fZrbghkljh_gby .

Ключевые слова: эффективность производственных систем, экспертное оценивание, анализ факторов

Снижение материальных и трудовых затрат при изготовлении сложных изделий особенно актуально для производственных систем (ПС) российских предприятий,

© Замятин К. И., Кузнецов А. П., 2011

* Статья подготовлена в рамках работ по гранту Президента Российской Федерации по государственной поддержке ведущих научных школ Российской Федерации НШ-64570.2010.8.

которые находятся в состоянии модернизации активной части своих основных фондов. Учитывая тот факт, что на сегодняшний день таких ПС в России достаточно много, перед предприятиями, осуществляющими модернизацию ПС и одновременно переходящими на новую номенклатурную модель с более сложными изделиями, стоит комплекс задач, которые требуют соответствующего теоретического и методического обеспечения.

Одной из важных задач на этапе формирования методик повышения эффективности современных ПС является выбор и анализ факторов, значимо влияющих на их эффективность. Ввиду сложности определения таких факторов, основу которых в большинстве случаев составляют как количественные, так и качественные показатели, было принято решение об использовании методов экспертного оценивания, которые позволяют с высокой эффективностью решать подобные задачи.

Первоначальный список факторов, значимо влияющих на эффективность ПС, формируется исходя из исследования структуры производственных систем многономенклатурного производства, а также на основе анализа практических и теоретических работ в области организации и планирования производства (табл. 1) [1–4]. Результатом данного этапа является анкета, разработанная для выявления факторов, значимо влияющих на эффективность ПС машиностроения.

Таблица 1. Оцениваемые факторы

Обозначение	Фактор
Ф1	Стоимость станка
Ф2	Масса станка
Ф3	Производительность станка
Ф4	Мощность электродвигателей привода
Ф5	Габаритные размеры станка

В число экспертной группы вошли работники научно-исследовательских подразделений, конструкторских бюро, подразделений, занимающихся технологической подготовкой производства, работники прямого производства. В качестве предварительной интервальной оценки числа экспертов был предложен диапазон от 10 до 30. Был сформирован предварительный список, состоящий из 25 кандидатур. После этого каждый из предполагаемых экспертов был ознакомлен с рассматриваемой проблемой, и ему было предложено, в свою очередь, составить список экспертов, обладающих достаточной компетенцией. После анализа результатов в соответствии с предложениями работы [5–7] окончательно была сформирована группа из 15 экспертов, чем была обеспечена однородность и представительность сформированной группы экспертов. Затем каждый из экспертов был ознакомлен с математической моделью выбора технологического и информационного обеспечения при синтезе структуры ПС машиностроения.

На следующем этапе экспертам было предложено оценить факторы по степени их влияния на эффективность ПС машиностроения, при этом перед ними была поставлена задача сопоставить системе из пяти факторов Ф1...Ф5 нестрогую ранжировку, при этом некоторые факторы могли считаться равноценными.

Ранжировка, составленная экспертами в соответствии с их представлениями о степени влияния фактора на эффективность ПС машиностроения, показана ниже (табл. 2). Фактору, который оказывает наибольшее влияние на эффективность, присваивается ранг 1, а фактору, который, по мнению эксперта, оказывает наименьшее влияние, присваивается ранг 5.

Таблица 2. Результаты ранжирования факторов

Эксперты	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5
1	1	4	2	4	4
2	2	5	1	5	4
3	1	3	1	5	4
4	1	4	2	4	5
5	3	5	3	4	5
6	1	5	1	5	3
7	1	5	1	5	5
8	1	4	4	5	5
9	2	5	1	5	5
10	1	5	1	4	5
11	3	5	1	4	4
12	2	4	2	4	5
13	1	3	1	4	5
14	1	3	2	5	5
15	1	4	1	5	5

Для полученной ранжировки был определен коэффициент конкордации Кендалла W для случая нестрогого ранжирования по формуле [8]:

$$W = \frac{12}{k^2(n^3 - n)} \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^k R_{ij} - \frac{k(n+1)}{2} \right)^2, \quad (1)$$

где k – количество экспертов, входящих в экспертный совет по принятию решений; n – количество факторов, значимо влияющих на эффективность ПС; R_{ij} – ранг i -го элемента в X_i .

В результате получено значение коэффициента конкордации для данной ранжировки $W = 0,579$. Проверка гипотезы о согласии экспертов проводилась по критерию Пирсона χ^2 . Значение χ^2_n вычислено по формуле [8]

$$\chi^2_n = k(n-1)W, \quad (2)$$

где k – количество экспертов, входящих в экспертный совет; n – количество факторов, значимо влияющих на эффективность ПС.

При уровне значимости $\alpha = 0,05$, $\chi^2_n = 34,74$ больше табличного значения $\chi^2_{\tau} = 9,48$ при степени свободы $\nu = 4$, что позволяет считать ранжировку статистически значимой.

В качестве метода обработки экспертных данных было использовано одномерное шкалирование [9]. На основании матрицы $R = Rr_{ij}R$, строками которой является ранжирование каждого эксперта, была составлена матрица $A = Ra_{ij}R$ (табл. 3), элементом которой является число случаев, когда j -й фактор важнее i -го. Была вычислена матрица $P = Rp_{ij}R$ (табл. 3), элемент которой является вероятностью предпочтения j -го фактора i -му. Далее построена матрица $Z = Rz_{ij}R$, элемент которой является оценкой различий между шкальными значениями факторов, измеренной в единицах стандартного отклонения в распределении различительных разностей.

Табл. 3. Матрицы частот и вероятности

A					P				
1	15	8	15	15	1	1,00	0,53	1,00	1,00
0	1	0,5	8	9	0,00	1	0,03	0,53	0,60
7	14,5	1	14,5	15	0,47	0,97	1	0,97	1,00
0	7	0,5	1	8,5	0,00	0,47	0,03	1	0,57
0	6	0	6,5	1	0,00	0,40	0,00	0,43	1

В соответствии с проведенными вычислениями, при уровне значимости $\alpha = 0,1$, к факторам, влияющим на эффективность ПС машиностроения, были отнесены стоимость и производительность оборудования (рис. 1).

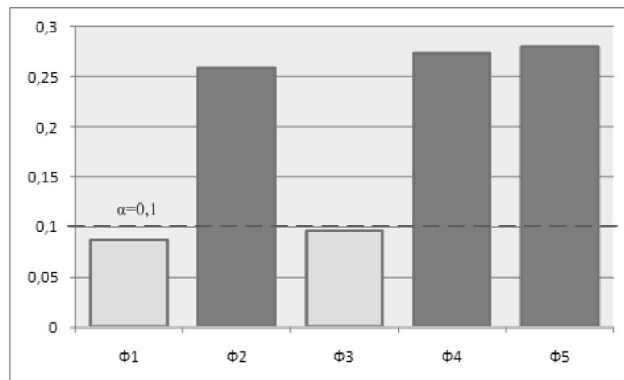


Рис. 1. Выбор факторов, значимо влияющих на эффективность ПС

Таким образом, полученные факторы могут быть использованы на этапе синтеза вариантов ПС машиностроения, при этом должны быть определены весовые коэффициенты, позволяющие судить о важности того или иного фактора и позволяющие построить адекватный алгоритм синтеза вариантов ПС машиностроения. Определение таких коэффициентов может быть проведено на основе мнений экспертов, опрошенных на этапе выбора факторов, влияющих на эффективность ПС машиностроения. Определим весовой коэффициент для фактора Ф1 как α_1 , а весовой коэффициент для фактора Ф3 как α_2 , тогда $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$. В соответствии с проведенным анализом [9] были определены значения коэффициентов $\alpha_1 = 0,522$ и $\alpha_2 = 0,478$.

На основе полученных факторов и весовых коэффициентов может быть разработан критерий выбора рационального варианта ПС машиностроения, необходимый для качественного сравнения синтезированных вариантов.

В качестве основы предложенного критерия была использована его обратная зависимость от стоимости и прямая от производительности синтезированных вариантов. Такая зависимость позволяет произвести качественную оценку эффективности синтезированных вариантов и необходима для автоматизации синтеза вариантов ПС.

Определим критерий выбора σ_i варианта структуры ПС машиностроения следующим образом:

$$\sigma_i = \alpha_1 \left(1 - \frac{C_i}{C_M} \right) + \alpha_2 \frac{P_i}{P_M}, \quad (3)$$

где K_i – стоимость i -го варианта структуры; P_i – производительность i -го варианта структуры-стратегии; K_F и P_F – максимальная стоимость и производительность технологического обеспечения, $\alpha_1 = 0,522$ и $\alpha_2 = 0,478$ – весовые коэффициенты, определенные методом экспертной оценки, при этом $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$.

Определим производительность технологического обеспечения, входящего в j -й вариант, как [10, 11]

$$P_j = \sum \frac{N_i \cdot T_i}{F}, \quad (4)$$

где N_i – количество деталей, обрабатываемых на i -м технологическом оборудовании; T_i – трудоемкость изготовления деталей i -й детали, определяемая на основе статистического анализа маршрутных карт; F – фонд рабочего времени в год.

Учитывая то, что эффективность варианта структуры ПС стремится к максимуму, могут быть отобраны варианты, эффективность которых выше эффективности базового варианта структуры ПС, функционирующего на предприятии [12].

Предложенный на основе проанализированных факторов критерий выбора σ позволяет выбрать рациональный вариант структуры-стратегии производственных систем машиностроения. Полученный критерий был использован при разработке автоматизированной системы поддержки принятия решений «Синтез ПС», эффективность которой апробирована на ряде предприятий Уральского региона и подтверждена соответствующими актами. Работа была выполнена в рамках гранта по государственной поддержке ведущих научных школ Российской Федерации (НШ-2010) на тему «Разработка теоретических основ структур-стратегий ПС машиностроения и создание концепции информационной системы моделирования и управления ресурсами, резервами и результатами сложных технических систем».

Список литературы

1. Шенберг, И. И. Теоретические основы и методы оценки продуктивности и экономичности металлорежущих станков-автоматов и полуавтоматов // Теория машин-автоматов и гидropневмопривода. – М. : Машгиз, 1963. – С. 25–34.
2. Организация группового производства / под. ред. С. П. Митрофанова и В. А. Петрова. – Л. : Лениздат, 1980. – 288 с.
3. Рубин, Х. К. Технологическое обеспечение станков с ЧПУ. – М. : Машиностроение, 1986. – 176 с.
4. Рубин, Х. К. Научно-техническая подготовка промышленного производства. – М. : Экономика, 1989. – 223 с.
5. Эрмид, В. Фее, И. И. Методы принятия технических решений : пер. с нем. – М. : Мир, 1990. – 208 с.
6. Евдокимов, Г. Статистические методы построения эмпирических формул : учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1988. – 239 с.
7. Шенберг, И. И. Методы сбора информации в социологическом исследовании / науч. ред. В. Э. Шляпентох. – М. : Статистика, 1974. – 158 с.
8. Эрмид, Е. И., Дмичев, С. И. Экспертные оценки в управлении. – М. : Экономика, 1978. – 133 с.
9. Шенберг, И. И., Леонов, С. И. Методы анализа и моделирования систем. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2001. – 152 с.
10. Шенберг, И. И., Г. Разработка автоматизированной системы определения сложности и прогнозной трудоемкости изготовления деталей инструментального производства : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06. – Ижевск, 2005.
11. New Strategies of Virtuality in Programming of Production Technology / P. Božek, J. Mihok, O. Barborák et al. // Annals of DAAAM and Proceedings of DAAAM Symposium. –

12. ~~ИжГТУ~~ ; . . ., *Ijmgth* : . B., *Idagph* : . I. Теоретические основы конструктивно-технологической сложности изделий и структур-стратегий производственных систем машиностроения : моногр. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ. 2007. – 280 с.

A. P. Kuznetsov, Doctor of Technical Sciences, professor, Chief of Human Resources Department, Izhevsk State Technical University

The article enlightens the problem of selection and analysis of factors influencing machine-building industrial systems efficiency under conditions of multiproduct manufacture. The research allows singling out a number of factors and determining their weighting coefficients. The research provides with a criterion of a machine-building industrial system rational variant choice.

Получено: 30.03.11

Ижевский государственный технический университет

Ibhyik jmevlZlu bkhZgby ebqgu fhiZpbhgguo ijl\ , ihghh gZj -
 ^ ijbahkgguo bkf , \ jmevlZl_ dhlhh lih uyegh gZebb_ aZbbfhk eblevgh
 kb fhiZpbhgghh ijiZ hl ihdZaZley hZgbaZpbhggh -logbhh mhgy ijbahk
 qhc bku .

Организационно-технический уровень (ОТУ) – это система показателей, учитывающих свойства производственной системы, включающих организационные, технические и технологические аспекты, определяющие производительность производственной системы [1, 2].

* Работа выполнена в рамках гранта по государственной поддержке ведущих научных школ Российской Федерации (НШ-2010) на тему «Разработка теоретических основ структур-стратегий ПС машиностроения и создание концепции информационной системы моделирования и управления ресурсами, резервами и результатами сложных технических систем».