

- региона [Текст] / Е.Н. Степанова. – Вологда: ВНКЦ ЦЭМИ РАН, 2004. – 104 с.
23. Стрижкова, Л. Проблемы надежности макроэкономического прогнозирования [Текст] / Л. Стрижкова // Федерализм. – 2013. – № 3. – 167 с.
24. Терехов, В.А. Динамические алгоритмы обучения многослойных нейронных сетей в системах управления [Текст] / В.А. Терехов. – 1996. – №3. – С. 70-79.
25. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс [Текст] / С. Хайкин. – М.: Вильямс, 2006. – 458 с.
26. Эконометрика: учеб. для магистров [Текст] / И.И. Елисеева [и др.]; под ред. И.И. Елисеевой. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 449 с. – Серия: Магистр.
27. Эконометрика [Текст]: учебник / под ред. В.С. Мхитаряна. – М.: Проспект, 2009. – 384 с.
28. Adaptive mixtures of local experts [Текст] / R. A. Jacobs, M. I. Jordan, S. J. Nowlan, G. E. Hinton // Neural Computation. – № 3 (1). – 1991. – p. 79-87
29. Broyden, C.G. The Convergence of a Class of Double-Rank Minimization Algorithms / C.G. Broyden // Journal of the Institute of Mathematics and its Applications. - Vol. 6. – 1970. – p. 76-90.
30. Shanno, D.F. Conditioning of Quasi-Newton Methods for Function Minimization / D.F. Shanno // Mathematics of Computation. - Vol. 24. – 1970. – p. 647-656.
31. Widrow, B. Neural networks: Application in industry, business and science, communications of the acm / B. Widrow, L. Rumelhart, M. Lehr // Communications of the ACM. – 37 (3). – 1994. – p. 93-105.

УДК 339.5

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫБОРА КВАЛИФИЦИРОВАННОГО ПОСТАВЩИКА МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

*Козлова Евгения Владимировна (KozlovaE.V@yandex.ru)*

*Волынский Владимир Юльевич*

*ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет»*

В данной работе было проведено исследование процесса выбора квалифицированного поставщика материальных ресурсов ОАО «КРАНЭКС». Современные модели и методы выбора лучшего поставщика были усовершенствованы с учетом специфики совершения ключевой закупки.

**Ключевые слова:** Выбор поставщика, квалифицированный поставщик, критичные закупки, математическая модель, иерархическая нечеткая модель, критерии отбора.

От грамотного выбора поставщиков материальных ресурсов крупного машиностроительного предприятия во многом зависит успешность его работы в будущем. Поддержка принятия правильного решения в выборе лучшего поставщика особенно важна для крупных предприятий. Ранее, в работах [1,2] нами был сделан обзор ключевых моделей и методов, ориентированных на помощь менеджерам по закупкам в решении поставленной проблемы. В данной работе производится интегрированная оценка и выбор лучшего поставщика на примере листовой стали для ОАО «КРАНЭКС» современными моделями и методами, измененными с учетом специфики совершения ключевых закупок на крупном машиностроительном предприятии.

Листовая сталь относится к группе ключевых материальных ресурсов ОАО «КРАНЭКС». В общем объеме годовых закупок листовая сталь занимает приблизительно 38%. В соответствии с предложенной нами классификацией [3] поставками данного материального ресурса занимаются квалифицированные поставщики. Ключевые закупки характеризуются высоким годовым объемом расходов на их приобретение. Как правило, на рынке данных ресурсов

имеется большое разнообразие предложений способных удовлетворить требованиям заказчика. В данной ситуации менеджер старается договориться о более выгодных условиях поставки. Поставка некачественных товаров или же их задержка могут привести к остановке производственного процесса.

В работе [3] нами был описан процесс выбора поставщика на машиностроительном предприятии, включающий четыре основных этапа: предварительная оценка поставщиков; сравнительный анализ поставщиков; принятие решений о структуре, объемах и условиях закупки; формирование заказов, заключение и оформление договоров. После завершения этапа предварительной оценки поставщиков листовой стали, осталось семь претендентов, которые в дальнейшем должны подвергнуться подробному сравнительному анализу. Для его проведения будут использованы математические модели и методы не учитывающие (равномерное, мультипликативное и минимаксное свертывание) и учитывающие весовости оценочных критериев (аддитивная свертка и нечеткий метод анализа иерархий).

<p><b>1. Цена (C<sub>1</sub>)</b></p> <p>Цена, % (C<sub>1.1</sub>) Выше средневыпущенной Соответствует Средневыпущенной Ниже средневыпущенной на 1-5% Ниже средневыпущенной на 5-10% Ниже средневыпущенной более чем на 10%</p> <p>Система скидок, % (C<sub>1.2</sub>) Скидок нет От 1-5% От 6-10% Более 10%</p> <p>Риск изменения таможенных пошлин (C<sub>1.3</sub>) Присутствует Отсутствует</p> <p>Ценовая политика, месяцев (C<sub>1.4</sub>) Менее 1 месяца 1-6 месяцев 7-12 месяцев Более 12 месяцев</p> <p>Валютные риски (C<sub>1.5</sub>) Присутствуют Отсутствуют</p>	<p><b>2. Стабильные поставки</b></p> <p>Срок поставки (C<sub>2.1</sub>) До 7 дней От 8 до 30 дней От 31 до 60 дней Свыше 60 дней</p> <p>Вероятность срыва поставки (C<sub>2.2</sub>) Возможен Невозможен</p> <p>Возможность срочной поставки (C<sub>2.3</sub>) Невозможна В течение 1 недели В течение 48 часов В течение 24 часов</p> <p>Норма отгрузки (C<sub>2.4</sub>) Соответствует Не соответствует</p> <p>Условия оплаты (C<sub>2.5</sub>) 100% предоплата оплата сразу после получения отсрочка до 7 дней отсрочка от 7 - 45 дней отсрочка &gt; 45 дней</p> <p>Стоимость доставки (C<sub>2.6</sub>) За счет поставщика Поставщика из заказчика За счет заказчика</p> <p>Тип перевозки (C<sub>2.7</sub>) Универсальные Смешанные Колесные Мультимодальные Интермодальные</p> <p>Качество упаковки (C<sub>2.8</sub>) Отличное Хорошее Удовлетворительное Не удовлетворительное</p>	<p><b>3. Качество</b></p> <p>Наличие лицензия вид деятельности (C<sub>3.1</sub>) Значит Не требуется Отсутствует</p> <p>Наличие сертификатов соответствия (C<sub>3.2</sub>) Значит Не требуется Отсутствует</p> <p>Наличие сертификатов соответствия (C<sub>3.3</sub>) Международный сертификат Отечественный сертификат Не требуется Не сертифицированная СМК</p> <p>Требования к качеству материала (C<sub>3.4</sub>) По ГОСТ или ИТУ - доп. условия По ГОСТ и ТУ Только по ГОСТ Только по ТУ</p> <p>Контроль качества (C<sub>3.5</sub>) Отсутствует 1 мес. раз 1 год 2 - 3 лет Более 3 лет</p> <p>Внутренние системы контроля качества (КК) (C<sub>3.6</sub>) Отсутствует Отдел КК на конечной стадии Договор с сертифицированной лабораторией Отдел КК на всех стадиях Присутствует 2,3,4 этапа</p> <p>Брак готовой продукции (C<sub>3.7</sub>) Отсутствует от 1% до 3% от 4% до 6% от 7% до 10% более 10%</p> <p>Качество (C<sub>3.8</sub>) Плохое Удовлетворительное Хорошее Высокое</p>	<p><b>4. Свойства</b></p> <p>Особые свойства (C<sub>4.1</sub>) Не отличается от конкурентов Не сколько выигрывает особые свойства Уникальные свойства</p> <p>Внешний вид (C<sub>4.2</sub>) Безупречный Хороший Удовлетворительный Не удовлетворительный</p> <p>Новизна (C<sub>4.3</sub>) Современная Относительно современная Устаревшая</p> <p>Ассортимент (C<sub>4.4</sub>) узкий средний широкий</p> <p>Качество сырья (C<sub>4.5</sub>) Низкое Среднее Высокое</p>	<p><b>5. Коммуникация и культура</b></p> <p>Продолжительность сотрудничества (C<sub>5.1</sub>) Отсутствует До 1 года От 1 до 3 лет Более 3 лет</p> <p>Связь поставщика с клиентами (C<sub>5.2</sub>) Только по телефону Телефон, почта + Электронная коммуникация</p> <p>Конкуренция (C<sub>5.3</sub>) Да Нет</p> <p>Средняя время реакции на запроса (C<sub>5.4</sub>) 1 день 2-4 дней от 5-9 дней 10-13 дней Более 14 дней</p> <p>Деловая этика (C<sub>5.5</sub>) Соблюдается Не соблюдается</p> <p>Проблемы предоставления документов (C<sub>5.6</sub>) Да Нет</p> <p>Заинтересованность в развитии бизнеса (C<sub>5.7</sub>) Отсутствует Присутствует</p> <p>Транзакционные издержки (C<sub>5.8</sub>) Высокие Умеренные Низкие</p>	<p><b>6. Компетентность</b></p> <p>Удаленность поставщика (C<sub>6.1</sub>) Более 2000 км 1000-2000 км 300-999 км 100-299 км До 100 км</p> <p>Место нахождения (C<sub>6.2</sub>) В России Вне России</p> <p>Время присутствия на рынке (C<sub>6.3</sub>) До 1 года От 1-3 лет 4-10 лет Более 10 лет</p> <p>Размер предприятия (C<sub>6.4</sub>) Микро Малое Среднее Большое</p> <p>Кто поставщик? (C<sub>6.5</sub>) Производитель Дистрибутор Импортер Поставщик</p> <p>Наличие партнеров отгрузки (C<sub>6.6</sub>) Да Нет</p> <p>Наличие положительных отзывов в СМИ (C<sub>6.7</sub>) Да Нет</p> <p>Галерея сайта (C<sub>6.8</sub>) Да Нет</p> <p>Экологичность производства (C<sub>6.9</sub>) Соответствует нормам Не соответствует нормам</p> <p>Технология производства (C<sub>6.10</sub>) Старая технология и оборудование Современная, новое оборудование Уникальная технология Средне оборудование Уникальная технология Новое оборудование Уникальная технология</p> <p>Наличие крупных действующих контрагтов/другими компаниями (C<sub>6.11</sub>) Да Нет</p>	<p><b>7. Обязательства</b></p> <p>сервис гарантийный период (C<sub>7.1</sub>) Да Нет</p> <p>Сервис послепродажный период (C<sub>7.2</sub>) Да Нет</p> <p>Оперативность поставки на запросы гарантийный период (C<sub>7.3</sub>) 1 день 2-7 дней от 8-14 дней от 15 - 30 дней более 30 дней</p> <p>Качество технической помощи (C<sub>7.4</sub>) низкое Среднее высокое</p>	<p><b>8. Ресурсы наличности и финансовая стабильность</b></p> <p>Годовой денежный оборот (C<sub>8.1</sub>) До 60 млн. руб. От 60 млн. руб. до 430 млн. руб. От 430 млн. руб. до 1 млрд. руб. Более 1 млрд. руб.</p> <p>Соотношение стоимости предмета поставки и активов компании (C<sub>8.2</sub>) до 5% 5-10% 10-15% 15-25%</p> <p>Соотношение сумм текущих судебных исков к компаниям и балансу (C<sub>8.3</sub>) свыше 25% 15-25% 5-15% до 5%</p> <p>Приходится ли поставщику привлекать ресурсы для выполнения крупных заказов? (C<sub>8.4</sub>) Да Нет</p> <p>Отсутствие задолженности перед налоговыми службами (C<sub>8.5</sub>) Да Нет</p> <p>Предоставлена ли поставщиком финансовая документация? (C<sub>8.6</sub>) Да Нет</p> <p>Финансовое состояние (C<sub>8.7</sub>) Неустойчиво Устойчиво</p> <p>Предоставление банковской гарантии по сделке (C<sub>8.8</sub>) Да Нет</p>
--	--	--	--	---	---	--	---

Рисунок 1. Оценочные критерии ключевого поставщика машиностроительного предприятия

Таблица 1

## Значения критериев поставщиков стали ОАО «КРАНЭКС»

№	Тип оценки	Значения критериев поставщиков							Нормированные значения критериев поставщиков						
		№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
		<b>1. Цена</b>							2,925	3,875	2,804	1,883	2,500	1,875	1,500
C <sub>11</sub>	Кол.	1) 2	3) 4	1) 2,5	1) 3	1) 17	3) 4	4) 7	-0,375	-0,125	-0,396	-0,417	-1,000	-0,125	0,000
C <sub>12</sub>	Кол.	2) 3	3) 10	3) 7	2) 3	3) 10	1) 0	2) 5	0,300	1,000	0,700	0,300	1,000	0,000	0,500
C <sub>13</sub>	Рел.	1	1	1	1	1	1	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000
C <sub>14</sub>	Кол.	4) 18	4) 18	3) 12	2) 6	3) 12	2) 6	4) 18	1,000	1,000	0,500	0,000	0,500	0,000	1,000
C <sub>15</sub>	Рел.	1	1	1	1	1	1	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000
		<b>2. Стабильные поставки</b>							1,329	3,329	2,662	1,662	1,929	0,200	1,929
C <sub>21</sub>	Кол.	1) 7	1) 7	1) 7	1) 7	1) 7	1) 7	2) 14	-0,071	-0,071	-0,071	-0,071	-0,071	0,000	-0,571
C <sub>22</sub>	Рел.	1	1	1	1	1	0	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	1,000
C <sub>23</sub>	Кол.	2) 120	2) 120	2) 120	2) 120	3) 48	2) 144	2) 168	-0,600	-0,600	-0,600	-0,600	0,000	-0,800	-1,000
C <sub>24</sub>	Рел.	1	1	1	1	1	1	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C <sub>25</sub>	Кол.	1) 0	5) 90	4) 30	4) 30	1) 0	1) 0	4) 45	0,000	1,000	0,333	0,333	0,000	0,000	0,500
C <sub>26</sub>	Кач.	0,217	0,217	0,530	0,217	0,217	0,217	0,530	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000
C <sub>27</sub>	Кач.	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,967	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000
C <sub>28</sub>	Кач.	0,783	0,912	0,783	0,783	0,783	0,783	0,912	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
		<b>3. Качество</b>							0,404	2,474	-1,171	-1,171	-0,600	-0,600	4,000
C <sub>31</sub>	Кач.	0,783	0,783	0,783	0,783	0,530	0,530	0,783	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	0,000	0,000	-1,000
C <sub>32</sub>	Кач.	0,783	0,783	0,783	0,783	0,783	0,783	0,783	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C <sub>33</sub>	Кач.	0,783	0,912	0,783	0,783	0,530	0,530	0,912	0,662	1,000	0,662	0,662	0,000	0,000	1,000
C <sub>34</sub>	Кач.	0,912	0,967	0,783	0,783	0,783	0,783	0,967	0,701	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
C <sub>35</sub>	Кол.	5	25	5	5	1	1	25	0,167	1,000	0,167	0,167	0,000	0,000	1,000
C <sub>36</sub>	Кач.	0,912	0,912	0,530	0,530	0,530	0,530	0,967	0,874	0,874	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
C <sub>37</sub>	Кол.	5	2	5	5	3	3	0	-1,000	-0,400	-1,000	-1,000	-0,600	-0,600	0,000
C <sub>38</sub>	Кач.	0,783	0,783	0,783	0,783	0,783	0,783	0,912	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
		<b>4. Свойства</b>							1,000	1,553	1,000	0,553	1,000	0,000	5,000
C <sub>41</sub>	Кач.	0,217	0,530	0,217	0,217	0,217	0,217	0,783	0,000	0,553	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
C <sub>42</sub>	Кач.	0,912	0,912	0,912	0,912	0,912	0,912	0,967	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
C <sub>43</sub>	Кач.	0,783	0,783	0,783	0,783	0,783	0,783	0,912	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
C <sub>44</sub>	Кач.	0,783	0,783	0,783	0,530	0,783	0,217	0,783	1,000	1,000	1,000	0,553	1,000	0,000	1,000
C <sub>45</sub>	Кач.	0,530	0,530	0,530	0,530	0,530	0,530	0,783	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
		<b>5. Коммуникация и культура</b>							-0,391	1,220	0,268	0,224	0,553	1,000	-0,404
C <sub>51</sub>	Кол.	15	25	13	2	1	1	25	0,056	1,000	0,048	0,004	0,000	0,000	0,096
C <sub>52</sub>	Кач.	0,783	0,783	0,783	0,783	0,783	0,783	0,783	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C <sub>53</sub>	Рел.	1	1	1	1	1	1	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C <sub>54</sub>	Кол.	7	3	3	3	1	1	4	-1,000	-0,333	-0,333	-0,333	0,000	0,000	-0,500
C <sub>55</sub>	Рел.	1	1	1	1	1	1	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C <sub>56</sub>	Рел.	1	1	1	1	1	1	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C <sub>57</sub>	Рел.	1	1	1	1	1	1	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C <sub>58</sub>	Кач.	0,530	0,530	0,530	0,530	0,530	0,783	0,217	0,553	0,553	0,553	0,553	0,553	1,000	0,000
		<b>6. Компетентность</b>							6,772	7,281	6,625	4,453	3,625	2,000	5,000
C <sub>61</sub>	Кол.	350	450	300	275	300	1	1800	-0,194	-0,250	-0,166	-0,152	-0,166	0,000	-1,000
C <sub>62</sub>	Рел.	1	1	1	1	1	1	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000
C <sub>63</sub>	Кол.	23	75	22	20	22	5	137	0,136	0,530	0,129	0,114	0,129	0,000	1,000
C <sub>64</sub>	Кач.	0,912	0,912	0,783	0,783	0,783	0,530	0,912	1,000	1,000	0,662	0,662	0,662	0,000	1,000
C <sub>65</sub>	Кач.	0,847	0,912	0,912	0,847	0,530	0,530	0,912	0,830	1,000	1,000	0,830	0,000	0,000	1,000
C <sub>66</sub>	Рел.	1	1	1	0	0	0	1	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000
C <sub>67</sub>	Рел.	1	1	1	0	0	0	1	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000
C <sub>68</sub>	Рел.	1	1	1	1	1	1	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C <sub>69</sub>	Рел.	1	1	1	1	1	1	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C <sub>610</sub>	Кач.	0,783	0,783	0,783	0,783	0,783	0,783	0,530	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000
C <sub>611</sub>	Рел.	1	1	1	1	1	0	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	1,000
		<b>7. Обязательства</b>							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C <sub>71</sub>	Рел.	-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C <sub>72</sub>	Рел.	-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C <sub>73</sub>	Кол.	-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C <sub>74</sub>	Кач.	-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		<b>8. Ресурсы наличности и финансовая стабильность</b>							4,000	4,000	5,265	3,265	5,265	4,000	7,000
C <sub>81</sub>	Кач.	4	4	3	3	3	1	4	1,000	1,000	0,814	0,814	0,814	0,000	1,000
C <sub>82</sub>	Кач.	1	1	2	2	2	3	1	1,000	1,000	0,450	0,450	0,450	0,000	1,000
C <sub>83</sub>	Кач.	5	5	5	5	5	5	5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C <sub>84</sub>	Рел.	1	2	1	1	1	1	2	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
C <sub>85</sub>	Рел.	2	2	1	2	1	1	2	0,000	0,000	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000
C <sub>86</sub>	Рел.	1	1	1	1	1	1	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
C <sub>87</sub>	Рел.	1	1	2	1	2	2	2	0,000	0,000	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000
C <sub>88</sub>	Рел.	1	2	1	1	1	1	1	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
		<b>Итого</b>							16,039	23,731	17,453	10,869	14,271	8,475	24,025

### Критерии отбора поставщиков и их нормализация

Выбор лучшего поставщика материальных ресурсов производится путем решения многокритериальной задачи. В качестве оценочных критериев выступают 57 показателей (применяются для выбора ключевого поставщика) представленных на рисунке 1. Они сгруппированы в восемь групп, что позволяет охарактеризовать поставщиков, как в целом, так и по каждой группе показателей в отдельности. Критерии задаются в виде количественных, качественных или релейных оценок (таблица 1). Это позволяет использовать различные подходы при их определении. В процессе сбора информации о поставщиках в большей степени использовались такие источники информации, как прайс-листы, справочники, отчеты, страницы официальных веб-сайтов, результаты опросов и пр., и в меньшей степени оценки экспертов. Полученные количественные, качественные и бинарные оценки критериев необходимо нормализовать. Это обязательное требование для их дальнейшего обработки большинством моделей и методов выбора поставщиков.

Использование функции желательности Харрингтона (1) позволило определить оценки качественных показателей по формуле:

$$z_i = \exp(-\exp(-y_i)), \quad (1)$$

где  $z_i$  – значение функции желательности;  $y_i$  – значение  $i$ -го параметра на кодированной шкале.

Нормализация количественных параметров произведена по следующей формуле (2):

$$r_j = \frac{r_j(x) - r_j^{min}}{r_j^{max} - r_j^{min}} \quad (2)$$

где  $r_j(x)$  – абсолютное значение  $j$ -го критерия,

$$r_j^{max}, r_j^{min}$$

– максимальное и минимальное значение  $j$ -го критерия.

### Модели и методы, не учитывающие разную значимость критериев

Выбор поставщика можно производить с помощью методов, не учитывающих разную значимость критериев. К ним относятся методы равномерного, мультипликативного и минимаксного свертывания. Их главным недостатком является равнозначность влияние всех критериев на итоговую оценку поставщика.

Результаты применения равномерного свертывания представлены в итоговой строке таблицы 1. Расчеты производились по усовершенствованной формуле (3):

$$r(x) = \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n \eta_j(x) \rightarrow \max \quad (3)$$

где  $n$  – количество критериев в группе;  $m$  – количество оценочных групп критериев.

Мультипликативное свертывание производилось по формуле (4):

$$r(x) = \prod_{j=1}^n \eta_j(x) \rightarrow \max \quad (4)$$

Минимаксное свертывание, соответствующее поиску решения по критерию Сэвиджа, производилось по формуле (5):

$$\max_j [\max r_j(x) - r_j(x) \rightarrow \min] \quad (5)$$

В расчетах учитывалась разнонаправленность критериев. [4] Результаты расчетов, произведенных с помощью перечисленных выше методов, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты свертывания критериев разными методами

Поставщики	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
Методы свертывания критериев							
Равномерного свертывания	16,04	23,73	17,45	10,87	14,27	8,48	24,03
Мультипликативного свертывания	0	0	0	0	0	0	0
Минимаксного свертывания	1	1	1	1	1	1	1
<b>Ранг поставщика</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>1</b>

Наибольшее значение равномерного свертывания критериев имеет поставщик №7. Однако, необходимо помнить, что учет весомости критериев может привести к другому результату. Данные таблицы 1 позволяют оценить влияние каждой группы критериев на конечную оценку поставщика. Результаты мультипликативного и минимаксного свертывания одинаковы для всех поставщиков. Следовательно, использование данных методов не дает возможности выявить лучшего поставщика.

### Модели и методы, учитывающие разную значимость критериев

Описанные выше методы не следует применять в качестве основных при выборе квалифицированных поставщиков, занимающихся ключевыми поставками. Они могут лишь выполнять роль дополнительного инструмента, например, применительно к методу аддитивной свертки, нечеткому методу анализа иерархий и т.п. Данные методы позволяют учесть разную важность критериев. Однако на этапе опреде-

ления весовых значений критериев возникают определенные сложности. На данном этапе очень важно снизить субъективность оценок.

Весовые значения конкурентов во многих научных работах определяются экспертным путем, что, несомненно, снижает точность и объективность полученных результатов. Для повышения объективности оценки на практике применяют метод анализа иерархий и метод, предложенный в работе [4], применяемый при нелинейной зависимости весовых коэффициентов. Основываясь на методе анализа иерархий, были произведены расчеты по определению весомости коэффициентов методом Extent

Analysis и Fuzzy Preference Programming (FPP) [6].

Последовательность *расширенного анализа (Extent Analysis)* была подробно описана в работе [1,6]. На первом этапе формируется матрица попарных сравнений, которая трансформируется в матрицу сравнений используя треугольные нечеткие числа вида  $(l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ . Нечеткость вводится путем задания степени нечеткости  $\delta$ . В таблицу 3 занесены полученные нечеткие числа  $(l_{ij}-\delta, m_{ij}-\delta, u_{ij}-\delta)$  и обратные им числа.

Таблица 3

Нечеткая матрица попарных сравнений критериев группы «Цена» ( $\delta=0,5$ )

	S <sub>11</sub>	S <sub>12</sub>	S <sub>13</sub>	S <sub>14</sub>	S <sub>15</sub>	Построчные суммы	Нормализованные значения (F)
S <sub>11</sub>	1;1;1	2,5; 3; 3,5	4,5; 5; 5,5	2,5; 3; 3,5	8,5; 9; 9,5	19;21;23	0,277;0,343;0,411
S <sub>12</sub>	0,286;0,333;0,400	1;1;1	2,5; 3; 3,5	2,5; 3; 3,5	8,5; 9; 9,5	14,786;16,333;17,900	0,215;0,267;0,320
S <sub>13</sub>	0,182;0,200;0,222	0,286;0,333;0,400	1;1;1	4,5; 5; 5,5	6,5; 7; 7,5	12,468;13,533;14,622	0,182;0,221;0,261
S <sub>14</sub>	0,286;0,333;0,400	0,286;0,333;0,400	0,182;0,200;0,222	1;1;1	6,5; 7; 7,5	8,253;8,867;11,622	0,120;0,145;0,208
S <sub>15</sub>	0,105;0,111;0,118	0,105;0,111;0,118	0,133;0,143;0,154	0,133;0,143;0,154	1;1;1	1,477;1,508;1,543	0,022;0,025;0,028

Вычисление степени возможности  $V(F_i \geq F_j)$  для критериев группы «Цена»:

$$V(F_1 \geq F_2) = 1, \quad V(F_2 \geq F_1) = 0; \quad V(F_1 \geq F_3) = 1; \\ V(F_3 \geq F_1) = 0; \quad V(F_1 \geq F_4) = 1; \quad V(F_4 \geq F_1) = 0; \\ V(F_1 \geq F_5) = 1; \quad V(F_5 \geq F_1) = 0.$$

Степень возможности того, что  $F_i$  предпочтительней всех остальных нечетких чисел:

$$D_1 = V(F_1 \geq F_2, F_3, F_4, F_5) = \min(1, 1, 1, 1); \\ D_2 = V(F_2 \geq F_1, F_3, F_4, F_5) = \min(0, 1, 1, 1); \\ D_3 = V(F_3 \geq F_1, F_2, F_4, F_5) = \min(0, 0, 1, 1); \\ D_4 = V(F_4 \geq F_1, F_2, F_3, F_5) = \min(0, 0, 0, 1); \\ D_5 = V(F_5 \geq F_1, F_2, F_3, F_4) = \min(0, 0, 0, 0).$$

Определяется вектор приоритетов  $W = (w_1, \dots, w_n)^T$  нечеткой матрицы:  $w_1 = w(S_{11})$ , аналогично получаем  $w_2 = 0, w_3 = 0, w_4 = 0, w_5 = 0$ .

Аналогичным образом были определены нормализованные значения для каждой группы критериев (таблица 4).

Метод программирования нечетких предпочтений (FPP) не требует установления нечеткого приоритета. Он дает возможность установления четкого вектора приоритетов из множества нечетких суждений матрицы сравнений. Оценка вектора приоритетов ( $R_n$ ) производилась по формулам (6):

$$R_1 = (1 * m_{11} * \dots * m_{1n})^{1/n} \tag{6}$$

$$R_n = (m_{n1} * \dots * m_{nn} * 1)^{1/n}$$

где  $m_1, \dots, m_n$  – взаимные оценки критериев;  $n$  – количество критериев.

Веса по отдельным критериям  $w(S_i)$  рассчитываются по формуле (7):

$$w(S_i) = \frac{R_i}{\sum R_i} \tag{7}$$

В результате произведенных расчетов были получены результаты, представленные в таблице 4.

Лукинский В.С. [4] описывает метод определения весов при нелинейной зависимости между критериями. Они определяются по формуле (8):

$$w_i = \Delta_i \exp(-\tau_i) \tag{8}$$

где  $\tau_i$  – середина  $i$ -го интервала,  $i = 1, 2, \dots, N$ ;

$\Delta_i$  – интервал, рассчитываемый с учетом количества показателей и размаха значений  $\tau$ . Ранжирование критериев производилось на основе метода парных сравнений.

В настоящее время в научной литературе принято рассматривать ограниченный список оценочных критериев. Данный подход не позволяет учесть большое количество факторов, которые могут повлиять на выбор лучшего поставщика, занимающегося ключевыми поставками, на крупном машиностроительном предприятии. В большей степени сокращение перечня оценочных критериев связано со сложностями, возникающими на последующих этапах обработки данных.

Таблица 4

## Веса критериев, определенные разными методами

N	Методы определения веса критериев			
	Extent Analysis		FPP	При нелинейной зависимости
	Нормализованные значения, F	Вектор приоритетов, W		
C <sub>11</sub>	0,277;0,343;0,411	1	0,454	0,389
C <sub>12</sub>	0,215;0,267;0,32	0	0,264	0,236
C <sub>13</sub>	0,182;0,221;0,261	0	0,162	0,143
C <sub>14</sub>	0,12;0,145;0,208	0	0,094	0,087
C <sub>15</sub>	0,022;0,025;0,028	0	0,026	0,053
C <sub>21</sub>	0,158;0,19;0,228	0	0,195	0,236
C <sub>22</sub>	0,073;0,09;0,111	0	0,059	0,087
C <sub>23</sub>	0,044;0,054;0,066	0	0,045	0,032
C <sub>24</sub>	0,158;0,19;0,228	0	0,199	0,236
C <sub>25</sub>	0,213;0,259;0,314	1	0,291	0,389
C <sub>26</sub>	0,097;0,115;0,137	0	0,116	0,143
C <sub>27</sub>	0,032;0,036;0,041	0	0,037	0,019
C <sub>28</sub>	0,056;0,066;0,078	0	0,058	0,053
C <sub>31</sub>	0,017;0,02;0,025	0	0,024	0,012
C <sub>32</sub>	0,04;0,049;0,06	0	0,043	0,019
C <sub>33</sub>	0,122;0,151;0,186	0	0,163	0,087
C <sub>34</sub>	0,048;0,062;0,078	0	0,042	0,032
C <sub>35</sub>	0,175;0,216;0,266	0	0,245	0,236
C <sub>36</sub>	0,055;0,069;0,087	0	0,058	0,053
C <sub>37</sub>	0,2;0,24;0,287	1	0,249	0,389
C <sub>38</sub>	0,16;0,193;0,234	0	0,177	0,143
C <sub>41</sub>	0,109;0,131;0,161	0	0,130	0,087
C <sub>42</sub>	0,159;0,222;0,304	0	0,213	0,236
C <sub>43</sub>	0,094;0,119;0,159	0	0,122	0,053
C <sub>44</sub>	0,236;0,341;0,476	1	0,350	0,389
C <sub>45</sub>	0,145;0,188;0,245	0	0,185	0,143
C <sub>51</sub>	0,175;0,218;0,273	0	0,217	0,236
C <sub>52</sub>	0,035;0,045;0,059	0	0,044	0,019
C <sub>53</sub>	0,034;0,044;0,058	0	0,043	0,012
C <sub>54</sub>	0,073;0,1;0,136	0	0,075	0,053
C <sub>55</sub>	0,051;0,063;0,08	0	0,042	0,032
C <sub>56</sub>	0,081;0,11;0,147	0	0,108	0,087
C <sub>57</sub>	0,23;0,28;0,342	1	0,289	0,389
C <sub>58</sub>	0,102;0,14;0,187	0	0,182	0,143
C <sub>61</sub>	0,129;0,165;0,21	0	0,183	0,236
C <sub>62</sub>	0,029;0,038;0,054	0	0,040	0,007
C <sub>63</sub>	0,114;0,148;0,192	0	0,155	0,143
C <sub>64</sub>	0,027;0,035;0,045	0	0,034	0,003
C <sub>65</sub>	0,028;0,038;0,052	0	0,034	0,004
C <sub>66</sub>	0,04;0,053;0,07	0	0,051	0,032
C <sub>67</sub>	0,036;0,049;0,065	0	0,042	0,019
C <sub>68</sub>	0,06;0,08;0,106	0	0,063	0,053
C <sub>69</sub>	0,07;0,094;0,125	0	0,089	0,087
C <sub>610</sub>	0,206;0,254;0,315	1	0,262	0,389
C <sub>611</sub>	0,035;0,046;0,061	0	0,047	0,012
C <sub>71</sub>	0,224;0,276;0,339	0	0,2301	0,236
C <sub>72</sub>	0,163;0,196;0,236	0	0,1329	0,143
C <sub>73</sub>	0,042;0,048;0,055	0	0,0523	0,087
C <sub>74</sub>	0,397;0,48;0,58	1	0,5847	0,389
C <sub>81</sub>	0,152;0,19;0,239	0	0,173	0,236
C <sub>82</sub>	0,118;0,149;0,19	0	0,131	0,143
C <sub>83</sub>	0,065;0,083;0,106	0	0,065	0,053
C <sub>84</sub>	0,053;0,065;0,08	0	0,058	0,032
C <sub>85</sub>	0,087;0,109;0,138	0	0,110	0,087
C <sub>86</sub>	0,04;0,05;0,053	0	0,056	0,019
C <sub>87</sub>	0,264;0,323;0,398	1	0,375	0,389
C <sub>88</sub>	0,027;0,031;0,037	0	0,031	0,012
C <sub>1</sub>	0,162;0,201;0,248	1	0,202	0,389
C <sub>2</sub>	0,144;0,181;0,226	0	0,189	0,236
C <sub>3</sub>	0,144;0,181;0,226	0	0,189	0,236
C <sub>4</sub>	0,049;0,067;0,09	0	0,061	0,087
C <sub>5</sub>	0,032;0,038;0,047	0	0,039	0,032
C <sub>6</sub>	0,149;0,181;0,22	0	0,176	0,236
C <sub>7</sub>	0,035;0,042;0,054	0	0,047	0,053
C <sub>8</sub>	0,084;0,11;0,143	0	0,097	0,143

При выборе квалифицированного поставщика предлагается использовать 57 критериев разной направленности. Для упрощения расчетов предлагается их разделить на восемь кластеров. Первоначально веса критериев определяются внутри группы, а потом группы соотносятся между собой. Именно такой подход использован ранее в процессе определения весовых значений критериев различными методами, что в дальнейшем позволит детально оценить плюсы и минусы поставщиков по каждой группе критериев.

Результаты применения описанных методов не противоречат друг другу. Это свидетельствует о том, что можно использовать любой метод для определения весовых значений критериев, основанный на методе анализа иерархий. Например, для ОАО «КРАНЭКС» наиболее важным является группа критериев  $C_1$ .

На следующем этапе методом аддитивной свертки и нечетким методом анализа иерархий был определен лучший поставщик стали для ОАО «КРАНЭКС». Измененная формула аддитивного свертывания имеет вид (9):

$$r(\omega) = \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n \alpha_j \omega_j \rightarrow \max \quad (9)$$

где  $\alpha_j$  – весовой коэффициент для j-го критерия;

$n$  – количество критериев в группе;

$m$  – количество оценочных групп критериев.

Интегральная количественная оценка предложений поставщиков, определенная при помощи измененного нечеткого метода анализа иерархий, имеет вид(10):

$$W(C_j) = \sum_{k=1}^m \left( \frac{R_k}{\sum_{i=1}^n R_i} \cdot \alpha_i \right) \cdot \beta_j \quad (10)$$

где  $R_n$  – вектор важности альтернативы;

$\alpha_i$  – вес критерия внутри группы;

$\beta_j$  – вес группы критериев.

Формула (9, 10) позволяет учесть большое количество критериев, сгруппированных в группы ( $C_1, \dots, C_n$ ). Результаты расчетов представлены в таблице 5.

Таблица 5

Приоритеты поставщиков, определенные разными методами

Поставщики	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
<b>Методы свертывания критериев</b>							
<b>1. Аддитивная свертка (веса по методу FPP)</b>	<b>1,729</b>	<b>3,161</b>	<b>1,900</b>	<b>1,270</b>	<b>1,381</b>	<b>0,812</b>	<b>3,099</b>
$C_1$	0,178	0,481	0,228	0,063	0,030	0,117	0,230
$C_2$	0,054	0,414	0,264	0,149	0,081	0,001	0,235
$C_3$	-0,045	0,376	-0,125	-0,125	-0,150	-0,150	0,660
$C_4$	0,350	0,422	0,350	0,194	0,350	0,000	1,000
$C_5$	0,038	0,293	0,086	0,077	0,101	0,182	-0,017
$C_6$	0,490	0,547	0,488	0,390	0,361	0,302	0,181
$C_7$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$C_8$	0,664	0,628	0,608	0,522	0,608	0,359	0,811
<b>Ранг поставщика</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Аддитивная свертка (веса при нелинейной зависимости между критериями)</b>	<b>1,916</b>	<b>3,381</b>	<b>2,084</b>	<b>1,475</b>	<b>1,686</b>	<b>0,912</b>	<b>3,112</b>
$C_1$	0,208	0,470	0,251	0,105	0,086	0,147	0,205
$C_2$	0,070	0,512	0,343	0,200	0,089	-0,006	0,311
$C_3$	-0,236	0,234	-0,304	-0,304	-0,234	-0,234	0,539
$C_4$	0,389	0,437	0,389	0,215	0,389	0,000	0,908
$C_5$	0,040	0,298	0,073	0,063	0,079	0,143	-0,004
$C_6$	0,440	0,481	0,444	0,393	0,388	0,397	-0,025
$C_7$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$C_8$	1,005	0,949	0,888	0,803	0,888	0,464	1,177
<b>Ранг поставщика</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>2</b>
<b>2. Метод анализа иерархий</b>	<b>0,113</b>	<b>0,180</b>	<b>0,136</b>	<b>0,102</b>	<b>0,114</b>	<b>0,115</b>	<b>0,231</b>
$C_1$	0,020	0,042	0,026	0,013	0,023	0,026	0,052
$C_2$	0,022	0,054	0,039	0,032	0,024	0,019	0,036
$C_3$	0,022	0,035	0,020	0,020	0,015	0,015	0,061
$C_4$	0,008	0,009	0,008	0,005	0,008	0,005	0,019
$C_5$	0,004	0,005	0,005	0,005	0,006	0,008	0,006
$C_6$	0,024	0,022	0,023	0,020	0,022	0,028	0,036
$C_7$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$C_8$	0,013	0,014	0,015	0,007	0,015	0,014	0,021
<b>Ранг поставщика</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>1</b>

Результаты оценки приоритетов поставщиков методом аддитивной свертки и нечетким методом анализа иерархий имеют некоторые расхождения, однако в тройку лучших поставщиков вошли №7, №2 и №3. Данные таблицы 6

свидетельствуют о том, что явными лидерами являются поставщики №7 и №2. Отклонения между их оценками минимальны. Так как поставки листовой стали очень важны для работы машиностроительного предприятия, мы реко-

мендуем ОАО «КРАНЭКС» в качестве основного поставщика выбрать №7, а в качестве страхового поставщика - №2.

Анализ существующих моделей и методов показал, что они не позволяют учесть большое количество оценочных критериев, которые необходимо использовать в сравнительном анализе ключевых поставщиков машиностроительного предприятия. Для решения данной проблемы необходимо сформировать список необходимых для анализа критериев, который в последствии кластеризуется по наиболее важным признакам. Используемые модели и методы выбора поставщика были усовершенствованы с учетом данной особенности.

В выборе лучшего квалифицированного поставщика ключевых закупок не следует отдавать предпочтение моделям и методам, не учитывающим весовости оценочных критериев.

Ключевые закупки требуют к выбору их поставщика более пристального внимания. Для этого можно использовать нечеткий метод анализа иерархий или аддитивную свертку, они позволяют учесть весовые значения коэффициентов и повысить точность принятия правильного управленческого решения.

В качестве методов для определения весовости критериев наиболее объективным является расширенный анализ и метод определения весов при нелинейной зависимости между критериями.

#### Литература

1. Козлова Е.В., Волынский В.Ю. Методы и модели выбора поставщиков материальных

ресурсов: современное состояние и анализ // Логистические системы в глобальной экономике, материалы Междунар. науч.-практ. конф. (3–4 марта 2014 г. Красноярск). Вып. 1. – Электрон. сб. – Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2014. С. 129-135.

2. Козлова Е.В., Волынский В.Ю. Обзор математических моделей выбора поставщиков материальных ресурсов // Сборник научных трудов вузов России «Проблемы экономики, финансов и управления производством». 2014. № 35. С. 130-138.
3. Козлова Е.В., Волынский В.Ю. Совершенствование процесса предварительной оценки поставщиков материальных ресурсов на машиностроительном предприятии // Экономический анализ: теория и практика. 2015. №415. С. 47-60.
4. Лукинский В.С. Модели и методы теории логистики: учебное пособие. 2-е изд. / Под ред. В.С. Лукинского. – СПб.: Питер. 2007. С. 448.
5. Майзлиш А.В., Волынский В.Ю. Совершенствование анализа и классификации материальных запасов на промышленном предприятии // Известия высших учебных заведений. Серия «Экономика, финансы и управление производством». 2011. №04. С. 52-56.
6. Скороход А.Б. Применение нечеткого метода анализа иерархий в задаче оценки конкурентных позиций предприятия // Экономика и управление. № 5. 2011. С. 104-110.

УДК 330.4:332.1

### ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К УТОЧНЕНИЮ СТОХАСТИЧЕСКИХ ГРАНИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЛОЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

*Тальянов Сергей Юрьевич (stalyanov@list.ru)*

*ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет»*

В работе исследуются особенности построения стохастических граничных моделей для разветвленных схем преобразования ресурсов. Для степенной (в общем случае – мультипликативной) функции, связывающей «вход» и «выход» отдельных этапов сложного процесса, предложен вариант учета балансовых соотношений между «входными» ресурсами. Результаты применены к модели для оценки эффективности коммунального теплоснабжения.

**Ключевые слова:** стохастические граничные методы, эффективность, оценка эффективности, многоэтапные процессы, коммунальное теплоснабжение.

Стохастические граничные методы оценки эффективности (SFA, Stochastic Frontier Approach; работа [1] – одна из первых по этой теме), получили значительное развитие в последние несколько десятилетий. Методы основаны на сравнении фактического результата деятельности одной из фирм (в совокупности нескольких, использующих сходную технологию) с наилучшим возможным при данных условиях. Отклонение от оптимального результата здесь объясняется воздействием (негатив-

ных) случайных факторов, отображаемых в модели знакопостоянными случайными величинами; представленная тем или иным способом оценка близости фактического результата к оптимальному принимается за оценку эффективности. До настоящего времени методы SFA применялись исключительно для процессов вида  $X \rightarrow Y$  – преобразования входного ресурса  $X$ , возможно, векторного, в результат  $Y$ . Методы SFA постоянно совершенствуются, расширяется и область их применения. Этот процесс