УДК 004.032

А. Н. КУДИНОВА, Н.Н. ГАХОВА

A.N. KUDINOVA, N.N. GAKHOVA

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЫБОРА ПОСТАВЩИКА МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПАНИЙ**

**OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF SELECTING THE SUPPLIER OF MATERIAL AND TECHNICAL RESOURCES FOR CONSTRUCTION COMPANIES**

*В статье рассмотрена задача моделирования процесса выбора поставщика материально-технических ресурсов для строительных компаний. Выполнен анализ используемых методов решения этой задачи и выявлены их недостатки. С использованием метода анализа иерархий была разработана модель выбора поставщиков ресурсов и описана оптимизация процесса при выборе поставщика железобетонных изделий на примере компании ООО «Строй-М».*

*Ключевые слова: строительная компания, поставщики, метод доминирующих характеристик,* *метод оценки затрат, метод рейтинговых оценок, метод анализа иерархий, векторы приоритетов, отношение согласованности, оптимальный выбор поставщиков.*

*The article considers the task of modeling the process of selecting a provider of material and technical resources for construction companies. The analysis of the methods used to solve this problem is performed and their shortcomings are revealed. Using the hierarchy analysis method, a model for selecting resource suppliers was developed and optimization of the process in selecting a supplier of reinforced concrete products was described using the example of OOO Stroy-M.*

*Keywords: construction company, suppliers, method of dominant characteristics, method of cost estimation, method of rating evaluations, hierarchy analysis method, priority vectors, consistency relation, optimal choice of suppliers.*

Строительная компания представляет собой сложную структуру различных взаимосвязанных подразделений, как участвующих непосредственно в строительстве, так и обеспечивающие эти подразделения технической документацией и материалами.

Одной из основных задач в строительной организации является бесперебойное обеспечение материалами строительных площадок, так как нехватка материалов или их несвоевременная поставка может привести к приостановке строительных работ, задержке сроков строительства и в связи с этим, дополнительных затрат на выплату неустоек. Эта задача подразумевает собой выбор поставщика необходимых материалов и последующую их закупку.

Самый простой способ выбора поставщика – метод доминирующих характеристик. Например, выбор контрагента по минимальной стоимости заказа. Недостаток метода заключается в полном игнорировании других критериев отбора (срок поставки, качество материалов и др.), поэтому не является оптимальным.

Помимо метода доминирующих характеристик существуют также такие распространенные методы, как метод оценки затрат, метод рейтинговых оценок и метод анализа иерархий.

Метод оценки затрат подразумевает несколько вариантов исхода процесса выбора поставщика, после чего для каждого варианта производится расчет доходов и расходов. После всех расчетов выбирается наиболее выгодный вариант по критерию общей прибыли, в том числе и логистические издержки. Данный метод предназначен для оценки поставщиков с точки зрения общей стоимости сотрудничества. К недостаткам данного метода можно отнести необходимость обработки и анализа большого объема информации о поставщиках [1].

При использовании метода рейтинговых оценок сначала выбираются критерии, по которым будет оцениваться деятельность поставщика, после чего эксперты определяют степень важности каждого из них, эта оценка и определит удельный вес критерия. Далее для каждого контрагента выставляются оценки по критериям, которые перемножаются на удельные веса каждого из критериев и суммируются. Полученная сумма и является рейтингом поставщика. Оптимальным является контрагент с наибольшим рейтингом. К недостаткам данного метода можно отнести тот факт, что трудно получить объективные данные для работы экспертов при обращении к потенциальным поставщикам [2].

В условиях деятельности строительной компании необходимо подходить к любой проблеме комплексно, с учетом мнений специалистов различных подразделений. Такому требованию соответствует метод анализа иерархий, при котором оценка поставщика, а также способ его оценивания зависит от большого количества информации, поступающей сразу от нескольких подразделений предприятия. Этот метод позволяет оценивать каждый критерий выбора наравне с остальными, ведь для какого-то подразделения он может оказаться ключевым. Еще одним неоспоримым преимуществом метода анализа иерархий является то, что оценки по критериям отбора, как количественные (цена, срок доставки), так и качественные (качество товара, обширность ассортимента, благонадежность поставщика) можно представить в числовом виде, хоть и с некоторой неопределенностью в суждениях экспертов.

Применение метода анализа иерархий при выборе поставщика железобетонных изделий на примере компании ООО «Строй-М». В процессе конкурентной проработки участвуют три поставщика, которые присылают свои коммерческие предложения, после чего составляется конкурентный лист со следующими основными критериями (таблица 1):

* стоимость поставки без учета НДС;
* репутация поставщика на рынке (срок работы на рынке, наличие сбоев в поставках);
* срок поставки;
* условия оплаты;
* наличие системы менеджмента качества (СМК);
* наличие раннего сотрудничества с компанией.

Таблица 1 – Конкурентный лист на закупку железобетонных изделий

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Критерии | ООО «ГазоБлокИнвест» | ООО «ТЖБИ» | ООО «КСМ» |
| Стоимость поставки  | 365 280 р. | 382 200 р. | 370 150 р. |
| Репутация поставщика | 2 года на рынке, возможны сбои в поставках, т.к. фирма не является изготовителем | 28 лет на рынке, возможны сбои в «загруженные» месяца, проблемы с заказчиком решаются  | 5 лет на рынке, нет сбоев в поставках |
| Срок поставки | 1-2 недели | 3 недели | 2 недели |
| Условия оплаты | оплата по факту поступления | по факту поступления, возможна отсрочка платежа до 2 недель | 80% предоплаты |
| Наличие СМК | сертификаты от изготовителя, нет собственной СМК | есть СМК, отдел контроля качества, сертификация по ГОСТ | СМК на стадии разработки, контроль качества осуществляется внешними фирмами |
| Раннее сотрудничество | нет | да | нет |

По данным таблицы нельзя сделать однозначный вывод об оптимальном поставщике, так как нет информации о важности того или иного критерия оценки.

На первом этапе оптимизации процесс представляется в иерархическом виде с установления связи между целью, критериями оценки и альтернативами (рисунок 1).



Рисунок 1 – Иерархическая структура задачи выбора оптимального поставщика

 После определения элементов иерархии, критерии и альтернативы сравниваются. Составлена матрица парных сравнений критериев и альтернатив посредством определения доминирования одного над другим по шкале оценки предпочтений (от 1 (варианты равнозначимы) до 9 (первый вариант имеет абсолютную значимость в сравнении с другим), обратные величины присваиваются второму варианту). Если число сравниваемых элементов *n*, то ценность каждого из них определяется как

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | $ω\_{i}=\sqrt[n]{a\_{i1}\*a\_{i2}\*…\*a\_{in}}$. | (1) |

Нормирующий множитель для проведения нормализации

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | $r= ω\_{1}+ ω\_{2}+…+ω\_{n}$*.* | (2) |

Вектор приоритетов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | $$q\_{i}=\frac{ω\_{i}}{r}, \left(i=1,2,…,n\right).$$ | (3) |

Отклонение от согласованности являются индексом согласованности (ИС)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | $$ИС=\frac{\left|λ\_{max}-n\right|}{n-1}.$$ | (4) |

Столбцы матрицы суждений определяются как

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | $s\_{j}= a\_{1j}+ a\_{2j}+…+a\_{nj}, (j=1,2,…,n)$*.* | (5) |

Сумма чисел

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | $$p\_{j}= s\_{j}\*q\_{i}, (j=1,2,…,n)$$ | (6) |

отражает пропорциональность предпочтений, чем ближе эта величина к *n*, тем более согласованы суждения

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | $$λ\_{max}= p\_{1}+ p\_{2}+…+p\_{n}$$ | (7) |

Случайный индекс (СИ) представляет собой индекс согласованности сгенерированной случайным образом по шкале от 1 до 9 обратносимметричной матрицы с соответствующими обратными величинами элементов. Значения СИ для матриц порядка от 1 до 15 представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения случайного индекса для матрицы попарных сравнений

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Порядок матрицы | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Значение СИ | 0,00 | 0,00 | 0,58 | 0,90 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 | 1,51 | 1,48 | 1,56 | 1,57 | 1,59 |

Для определения допустимости согласованности суждений вычислено отношение согласованности (ОС)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | $ОС=ИС/СИ$*.* | (8) |

Значение ОС меньшее, либо равное 0,1 считается приемлемым порогом допустимой согласованности суждений. Если ОС больше, либо равно 0,1, то необходимо пересмотреть матрицу суждений, уточнив имеющиеся данные. Приоритеты альтернатив определены посредством произведения локальных приоритетов и приоритетов конкретных критериев на высшем уровне и последующего суммирования по каждому элементу в соответствии с критериями, на которые распространяется воздействие данного элемента. Данное произведение является глобальным приоритетом (ГП)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | $$R\_{j}=\sum\_{i=1}^{m}ω\_{i}\*W\_{ij}, $$ | (8) |

где $ω\_{i}$ – весовой коэффициент важности критерия, $W\_{ij}$ – рейтинг *j*-го предприятия по критерию *i*.

Величина значения ГП определяет позицию, которую занимает поставщик в рейтинге предпочтений.

После формулирования проблемы в виде иерархической структуры, на основе имеющихся данных была произведена оценка важности критериев, рассчитаны векторы приоритетов и произведено отношение согласованности. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 *–* Оценка важности критериев

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Стоимость поставки | Репутация поставщика | Срок поставки | Условия оплаты | Наличие СМК | Раннее сотр-во | $$\prod\_{}^{}a\_{i}$$ | $$ω\_{i}$$ | $$q\_{i}$$ |
| Стоимость поставки | 1 | 5 | 3 | 7 | 4 | 9 | 3780 | 3,95 | 0,427 |
| Репутация поставщика | 1/5 | 1 | 1/4 | 4 | 1/2 | 6 | 0,6 | 0,92 | 0,099 |
| Срок поставки | 1/3 | 4 | 1 | 6 | 3 | 8 | 192 | 2,4 | 0,26 |
| Условия оплаты | 1/7 | 1/4 | 1/6 | 1 | 1/5 | 4 | 0,00476 | 0,41 | 0,044 |
| Наличие СМК | 1/4 | 2 | 1/3 | 5 | 1 | 7 | 5,83 | 1,34 | 0,145 |
| Раннее сотр-во | 1/9 | 1/6 | 1/8 | 1/4 | 1/7 | 1 | 0,000083 | 0,21 | 0,023 |
| Итого | 2,04 | 12,42 | 4,88 | 23,25 | 8,84 | 35 |  | 9,23 |  |

Отношения согласованности вычислены по формулам (7) – (9):

$λ\_{max} $*= 6.486932; ИС = 0,097386; ОС = 0,078537.*

Так как отношение согласованности не превышает 10%, следовательно, нет необходимости в уточнении данных.

Результаты выявленных приоритетов поставщиков по каждому из критериев представлены в таблицах 4-9.

Таблица 4 – Оценка значимости поставщиков по критерию «Стоимость поставки»

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | ООО «ГазоБлокИнвест» | ООО «ТЖБИ» | ООО «КСМ» | $$\prod\_{}^{}a\_{i}$$ | $$ω\_{i}$$ | $$q\_{i}$$ |
| ООО «ГазоБлокИнвест» | 1 | 9 | 3 | 27 | 3,00 | 0,663 |
| ООО «ТЖБИ» | 1/5 | 1 | 1/3 | 0,02 | 0,265 | 0,068 |
| ООО «КСМ» | 1/9 | 5 | 1 | 2 | 1,259 | 0,288 |
| Итого | 1,44 | 16 | 4,17 |  | 4,524 |  |

$λ\_{max} $*= 3,053622; ИС = 0,026811; ОС = 0,04623.*

Таблица 5 – Оценка значимости поставщиков по критерию «Репутация поставщика»

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | ООО «ГазоБлокИнвест» | ООО «ТЖБИ» | ООО «КСМ» | $$\prod\_{}^{}a\_{i}$$ | $$ω\_{i}$$ | $$q\_{i}$$ |
| ООО «ГазоБлокИнвест» | 1 | 1/4 | 1/8 | 0,03 | 0,315 | 0,068 |
| ООО «ТЖ БИ» | 4 | 1 | 1/5 | 0,8 | 0,928 | 0,199 |
| ООО «КСМ» | 8 | 5 | 1 | 40 | 3,419 | 0,733 |
| Итого | 13 | 6,25 | 1,33 |  | 4,663 |  |

$λ\_{max} $*= 3,094015; ИС = 0,047008; ОС = 0,08105*.

Таблица 6 – Оценка значимости поставщиков по критерию «Срок поставки»

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | ООО «ГазоБлокИнвест» | ООО «ТЖБИ» | ООО «КСМ» | $$\prod\_{}^{}a\_{i}$$ | $$ω\_{i}$$ | $$q\_{i}$$ |
| ООО «ГазоБлокИнвест» | 1 | 8 | 3 | 24 | 2,885 | 0,661 |
| ООО «ТЖ БИ» | 1/8 | 1 | 1/5 | 0,03 | 0,292 | 0,067 |
| ООО «КСМ» | 1/3 | 5 | 1 | 1,67 | 1,186 | 0,272 |
| Итого | 1,46 | 14 | 4,2 |  | 4,363 |  |

$λ\_{max} $*= 3,044066; ИС = 0,022033; ОС = 0,03799.*

Таблица 7– Оценка значимости поставщиков по критерию «Условия оплаты»

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | ООО «ГазоБлокИнвест» | ООО «ТЖБИ» | ООО «КСМ» | $$\prod\_{}^{}a\_{i}$$ | $$ω\_{i}$$ | $$q\_{i}$$ |
| ООО «ГазоБлокИнвест» | 1 | 1/5 | 4 | 0,8 | 0,928 | 0,194 |
| ООО «ТЖ БИ» | 5 | 1 | 9 | 45 | 3,557 | 0,743 |
| ООО «КСМ» | 1/4 | 1/9 | 1 | 0,03 | 0,303 | 0,063 |
| Итого | 6,25 | 1,31 | 14 |  | 4,788 |  |

$λ\_{max} $*= 3,071265; ИС = 0,035633; ОС = 0,06144*.

Таблица 8 – Оценка значимости поставщиков по критерию «Наличие СМК»

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | ООО «ГазоБлокИнвест» | ООО «ТЖБИ» | ООО «КСМ» | $$\prod\_{}^{}a\_{i}$$ | $$ω\_{i}$$ | $$q\_{i}$$ |
| ООО «ГазоБлокИнвест» | 1 | 1/8 | 1/3 | 0,04 | 0,347 | 0,073 |
| ООО «ТЖ БИ» | 8 | 1 | 6 | 48 | 3,634 | 0,761 |
| ООО «КСМ» | 3 | 1/6 | 1 | 0,5 | 0,794 | 0,166 |
| Итого | 12 | 1,29 | 7,33 |  | 4,775 |  |

$λ\_{max} $*= 3,073514; ИС = 0,036757; ОС = 0,06337.*

Таблица 9 – Оценка значимости поставщиков по критерию «Раннее сотрудничество»

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | ООО «ГазоБлокИнвест» | ООО «ТЖБИ» | ООО «КСМ» | $$\prod\_{}^{}a\_{i}$$ | $$ω\_{i}$$ | $$q\_{i}$$ |
| ООО «ГазоБлокИнвест» | 1 | 1/9 | 1 | 0,11 | 0,481 | 0,091 |
| ООО «ТЖ БИ» | 9 | 1 | 9 | 81 | 4,327 | 0,818 |
| ООО «КСМ» | 1 | 1/9 | 1 | 0,11 | 0,481 | 0,091 |
| Итого | 12 | 1,29 | 7,33 |  | 5,289 |  |

$λ\_{max} $*= 3; ИС = 0; ОС = 0.*

Для принятия окончательного решения выбора поставщика, был рассчитан глобальный приоритет. Результаты представлены в таблице 10 по каждому поставщику.

Таблица 10 – Итоговая таблица

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Поставщики | Векторные приоритеты | Глобальный приоритет |
| Стоимость поставки | Репутация поставщика | Срок поставки | Условия оплаты | Наличие СМК | Раннее сотр-во |
| 0,427 | 0,099 | 0,26 | 0,044 | 0,145 | 0,023 |
| ООО «ГазоБлокИнвест» | 0,663 | 0,068 | 0,661 | 0,194 | 0,073 | 0,091 | 0,483 |
| ООО «ТЖ БИ» | 0,068 | 0,199 | 0,067 | 0,743 | 0,761 | 0,818 | 0,228 |
| ООО «КСМ» | 0,288 | 0,733 | 0,272 | 0,063 | 0,166 | 0,091 | 0,295 |

На основе значений глобальных приоритетов можно сделать вывод, что оптимальным поставщиком является ООО «ГазоБлокИнвест», лидирующий по двум критериям с самой высокой степенью значимости: стоимость поставки и срок поставки.

 На основе данной математической модели можно разработать комплекс алгоритмов, осуществляющий сбор необходимой информации и подбор поставщика по заданным критериям. Таким образом, полученная информационная система поддержки принятия решения позволит повысить эффективность работы тендерной комиссии путем уменьшения времени, затрачиваемого на подбор поставщика и получения более оптимального результата выбора.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Урубков А. Р., Федотов И. В. Методы и модели оптимизации управленческих решений [Текст] – Дело АНХ, 2011. – 240 с.
2. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / Пер. с англ. Р.Г.Вачнадзе – Москва «Радио и связь», 2013
3. Дегтярева Н. М., Яковлев Р., Методические подходы к выбору и оценке поставщиков предприятия [Электронный ресурс] / Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева, журнал. № 1[33]. 2015 URL: http://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-podhody-k-vyboru-i-otsenke-postavschikov-predpriyatiya#ixzz41eUYu7K8 (дата обращения: 15.04.2018)

**Кудинова Анастасия Николаевна**

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (НИУ»БелГУ»), г. Белгород

Магистрант, группа 07001671

E-mail: 1213034@bsu.edu.ru

**Гахова Нина Николаевна**

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (НИУ»БелГУ»), г. Белгород

К.т.н, доцент кафедры прикладной информатики и информационных технологий

НИУ «БелГУ», г. Белгород E-mail: gahova@bsu.edu.ru