

**Аглямова Лейла Рустемовна,**

*студентка, 3 курс, Инженерно-строительный институт;*

**Мостовский Николай Николаевич,**

*студент 3 курс, Инженерно-строительный институт;*

**Мостовская Полина Алексеевна,**

*студентка, 3 курс, Инженерно-строительный институт,*

*научный руководитель – Симанкина Татьяна Леонидовна,*

*доцент, к.т.н., доцент кафедры «Строительство уникальных зданий и сооружений»,*

*ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,*

*г. Санкт-Петербург, Россия*

## **ВЫБОР ПОДРЯДНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОСТРОЕНИЯ ПАРЕТО-ОПТИМАЛЬНОГО МНОЖЕСТВА**

В статье описан один из возможных методов сравнительной оценки подрядных организаций, в частности, метод построения Парето-оптимального множества. Существует проблема выбора подрядной строительной организации. Заказчик не хочет ошибиться и затратить большие денежные средства впустую. Оптимальный выбор критериев и их оценка по степени важности облегчит выбор заказчика. Применение метода Парето-оптимального множества сделает процесс более эргономичным и объективным. В статье рассмотрено применение Парето-оптимального множества на примере сравнения подрядных организаций для стадиона «Крестовский».

**Ключевые слова:** строительство, подрядная организация, критерии качества, Парето-оптимальное множество.

**Aglymova L.R,**

*Student, 3 course ECI;*

**Mostovsky N.N.,**

*Student, 3 course ECI;*

**Mostovskaya P.A.,**

*Student, 3 course ECI,*

*Scientific leader – Simankina T.L.,*

*Peter the Great St. Petersburg*

*Polytechnic University,*

*St. Petersburg, Russia*

The article describes one of the possible methods of comparative evaluation of contractors to choose from them the most optimal option. In particular, the method of constructing a Pareto-optimal set. People often face the problem of choosing a contractor construction organization. Nobody wants to make a mistake and spend a lot of money for nothing. Optimal choice of criteria and their evaluation in terms of importance will facilitate the choice of the customer. The application of the Pareto-optimal set method will make the process more ergonomic and objective. As can be seen from the comparison of contract organizations for the stadium «Krestovsky».

**Keywords:** construction, contractor organization, quality criteria, Pareto-optimal set.

### ***Введение.***

В условиях современного рынка у заказчика есть возможность выбора подрядной организации. Для этого как правило устраиваются тендеры, по результатам которого заключается договор с выигравшей компанией. Обычно это наиболее дешёвый вариант. Но не у каждого заказчика есть возможность соотнести цену и качество предлагаемых услуг. Многие строительные компании предлагают минимальную стоимость проекта, за счет менее надёжных конструктивных решений, дешёвого материала, неквалифицированной рабочей силы и т.д. Как правило заказчик желает сэкономить свои деньги, не принимая во внимание то, что это может привести к увеличению издержек при эксплуатации здания. Всего этого можно избежать на первом этапе строительства – выборе подрядной организации. Таким образом необходимо разработать критерии оценки качества предлагаемых услуг строительными подрядными организациями.

### ***1. Выявление критериев, необходимых для формирования сметной документации.***

Показатель, который выполняет функцию цены, в строительной отрасли называется сметной стоимостью. Он вычисляется на основе сметных нормативов, определяющих нормативную потребность в ресурсах, необходимых для выполнения соответствующего вида работ (затраты труда, расход основных строительных материалов и конструкций, затраты времени работы машин и механизмов), и проектных данных о физических объемах строительных работ, где определяется общая потребность в ресурсах для

выполнения строительно-монтажных работ по объекту. Отсюда, используя цены строительных ресурсов, можно определить стоимость строительства объекта [7].

Таким образом на ценообразование влияют следующие факторы, не зависящие от проекта:

- стоимость рабочей силы;
- стоимость аренды машин и механизмов;
- стоимость строительных материалов и конструкций.

Обозначим эти факторы как стоимость ресурсов.

## ***2. Влияние деловой репутации на выбор строительной организации***

При выборе претендента на выполнение строительных работ для подрядчика важна его деловая репутация. Деловая репутация строительной компании (СК) – это характеристика качества СК, которая определяется «добрым именем», известностью СК, связями в деловой сфере, положительными результатами законченных объектов и т.д. На деловую репутацию СК влияют такие факторы [6, 7]:

1. Стоимость контракта;
2. Срок выполнения контракта;
3. Репутация первых лиц предприятия;
4. Точность выполнения обязательств;
5. Профессионализм менеджмента (квалификация персонала);
6. Ответственность за результат выполнения работы;
7. Техническая оснащённость СК;
8. Доверие банков и другие;
9. Отзывы о качестве выполнения прежних контрактов.

Для каждого фактора, определяющего деловую репутацию, эксперты выводят в ходе опроса фактические значения для каждого подрядчика. Затем проводят расчёт рейтинга факторов деловой репутации подрядчиков и выбирают наилучший вариант предлагаемых услуг.

### *3. Подрядные организации Петербурга на примере генподрядчиков стадиона «Крестовский».*

Знаменитый стадион «Зенит Арена» или «футбольный стадион в западной части Крестовского острова», как его позиционировали на стадии строительства, и стадион «Крестовский», как его называли официально, уже прославился, как самый дорогой в мире долгострой. Над его созданием трудилось множество подрядных организаций. С 2006 года сменилось три генеральных подрядчика. Первыми за стройку взялись «Синтез-Суи», которая позже трансформировалась в компанию «Авант» (сейчас компания находится в процессе ликвидации) [1]. Но в ноябре 2008 года из-за сильного удорожания проекта контракт был расторгнут. Смета подорожала до 23,7 млрд рублей, что превысило начальную стоимость в 3,5 раза. Место старой организации занял «Инжтрансстрой-СПб», который обещал построить стадион к 2010 году за 13 млрд рублей [2].

Из-за постоянных требований об увеличении финансирования в июле 2016 года был расторгнут контракт и с этой подрядной организацией. Теперь генподрядчиком стала «Метрострой», которая запросила 8 млрд рублей для завершения строительства [3]: 26 декабря 2016 были подписаны официальные документы о сдаче «Зенит Арены» [4].

«Синтез-Суи» – компания, почти сразу после своего создания в 2006 году, выигравшая тендер на строительство стадиона на Крестовском острове. В 2007 переименовано в ООО «Авант». Через год после этого по обоюдной договоренности сторон расторгла контракт на строительство стадиона. В 2010 году объявлена банкротом.

«Инжтрансстрой-СПб» – в 1954 году образовано Министерство транспортного строительства СССР. «Трансстрой» стал преемником Министерства после его упразднения. Занимается строительством в таких отраслях как железнодорожное строительство, строительство автодорог, аэродромное строительство, гидротехническое строительство, промышленно-гражданское строительство.

ОАО «Метрострой» – компания с большой историей, которая берет свое начало еще в довоенное время. Они были теми, кто начал строить Петербургский метрополитен и продолжает это дело до сих пор. Помимо строительства метро компания занималась возведением таких объектов, как «Вторая сцена Мариинского театра», «КЗС» и «Тоннель под Сайменским каналом». Сейчас продолжается сооружение ЛАЭС-2 и многофункционального музейного центра в Рождествено.

Каждая из упомянутых выше компаний была привлечена к реализации проекта на основе проведенных тендеров. В российском законодательстве слово «тендер» имеет синоним – «конкурс».

В рамках Федерального закона от 21.12.2005 № 94-ФЗ под конкурсом понимаются торги, победителем которых признается лицо, которое предложило лучшие условия исполнения государственного или муниципального контракта в заявке на участие и которому присвоен первый номер. В открытом конкурсе (тендере) может принять участие любая правомочная организация, и все сведения о конкурсе размещаются в СМИ. Закрытые же торги устраиваются только для приглашённых специально отобранных организаций. В рамках строительной отрасли существуют подрядные торги, суть которых в поиске подрядчика для выполнения работ по таким критериям, как: ответственность, надежность, своевременность, качество и экономически выгодная стоимость выполнения подрядного договора (источник: конкурсные торги).

Для оптимизации процесса отбора подрядной организации по множествам критериев предлагается применить эффективность по Парето.

#### ***4. Оптимальность по Парето.***

Оптимальность по Парето означает, что нельзя дальше улучшать значение одного критерия, не ухудшая при этом хотя бы один из остальных.

Рассмотрим выделения оптимальных решений на примере задачи с двумя критериями  $F_1$  и  $F_2$  (оба требуется максимизировать). Пусть множество  $D$  состоит из 11 возможных решений. Каждому из них соответствуют определённые значения показателей  $F_1$  и  $F_2$ . Помимо этого, имеются

следующие векторные оценки:  $F(X_1)=(2;4)$ ,  $F(X_2)=(3;5)$ ,  $F(X_3)=(3;3)$ ,  $F(X_4)=(5;2)$ ,  $F(X_5)=(4;3)$ ,  $F(X_6)=(1;3)$ ,  $F(X_7)=(2;3)$ ,  $F(X_8)=(3;2)$ ,  $F(X_9)=(2;2)$ ,  $F(X_{10})=(3;1)$ ,  $F(X_{11})=(2;1)$ . Векторные оценки исходов представим точками на координатной плоскости (по оси абсцисс откладываем значения критерия  $F_1$ , а по оси ординат – значения критерия  $F_2$ ). Для выделения эффективных решений используем принцип оптимальности по Парето. Решение  $X_1$  вытесняется решением  $X_2$ , решение  $X_2$  лучше решений  $X_3$ ,  $X_7$ ,  $X_8$ ,  $X_9$ ,  $X_{10}$  и  $X_{11}$ . Решение  $X_4$  по первому критерию лучше решения  $X_5$ , а по второму наоборот, т.е. имеем не улучшаемые решения, и т.д. После проведённого анализа у нас остались три решения  $X_2, X_4, X_5$  оптимальных по Парето.

Построим критериальное пространство для нашей задачи. Как известно паре чисел соответствует точка на плоскости. Пронумеруем точки соответственно номеру решения (рис. 1). Из рисунка видно, что эффективные точки лежат на правой верхней границе области возможных решений.

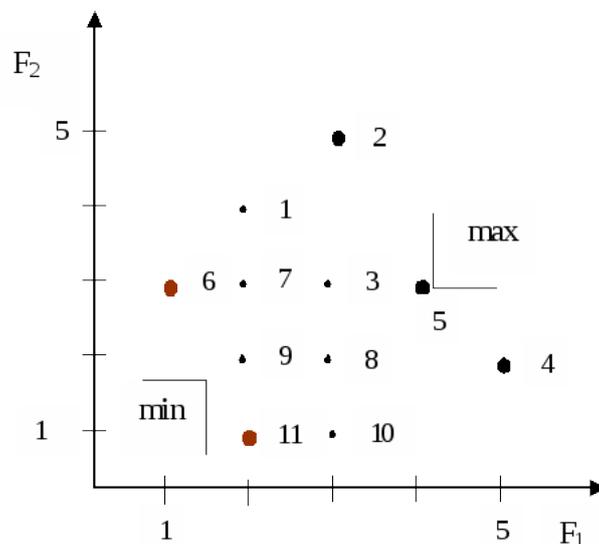


Рисунок 1 – Построение Парето оптимального множества

Решения принимаются в пределах выбранного эффективного множества из возможных. На рис. 1 образуют три решения  $X_2, X_4, X_5$ ; из них  $X_4$  лучше по критерию  $F_1$ , а решение  $X_2$  – по критерию  $F_2$ . Остается выбрать тот вариант, который для человека предпочтителен и наиболее приемлем по обоим критериям.

Далее, определяя оптимальное решение по критериям качества и дешевизне, можно видеть, что обозначилось некоторое множество решений. В случае, когда множество оптимальных решений слишком велико, возникает проблема дальнейшего его сокращения. Рассмотрим этап выделения множества Парето, как предварительный этап оптимизации.

Теперь для выбора одной оптимальной стратегии из множества эффективных решений в каждой конкретной многокритериальной задаче необходимо использовать дополнительную информацию о цели операции, т.е. ту информацию, которая при задании векторного критерия осталась неформализованной и потому неиспользованной.

*Второй подход.* Как уже было сказано выше, производится отсеивание множества Парето-оптимальных исходов (в идеале – до одного элемента) с помощью некоторых процедур, что облегчает окончательный исход. Заметим, что такое сужение может быть произведено только при наличии дополнительной информации о критериях или свойствах оптимального решения.

Рассмотрим некоторые простейшие способы сужения Парето-оптимального множества, акцентируя при этом внимание на необходимость дополнительной информации. Считаем, что задана задача со множеством критериев оптимизации.

*Указание верхних границ критериев.* Дополнительная информация об оптимальном исходе  $X_{opt}$  в этом случае имеет вид:

$$F_i(X_{opt}) \leq C_i, i = \overline{1, m} \quad (1),$$

где, число  $C_i$  рассматривается как верхняя граница по  $i$  – тому критерию.

Отметим, что указание верхних границ по критериям не может быть «извлечено» из математической модели задачи принятия решения; набор ограничений ( $C_1, C_2, \dots, C_m$ ) представляет собой дополнительную информацию, полученную из внешних источников.

### **5. Пример расчета.**

Проведем расчёт по критериям, выявленным в пункте выше для сравнения описанных генподрядчиков стадиона «Крестовский», г. Санкт-Петербург. Для начала оценим каждую компанию в соответствии с пунктами ниже, воспользовавшись размещённой в открытом доступе информацией:

1. Стоимость контракта – оценка того, насколько каждая из компаний превысила изначальный бюджет по причине некорректности сравнения непосредственной стоимости запланированных работ [5, 6];

2. Срок выполнения контракта – выполнение/невыполнение к сроку;

3. Репутация первых лиц предприятия – в диапазоне от 1 до 10 (10 – положительная, 5 – нейтральная, 1 – отрицательная);

4. Точность выполнения обязательств – в диапазоне от 1 до 10;

5. Профессионализм менеджмента (квалификация персонала) – в диапазоне от 1 до 10 (10 – высококвалифицированные, 1 – неквалифицированные);

6. Ответственность за результат выполнения работы – в диапазоне от 1 до 10;

7. Техническая оснащённость СК – в диапазоне от 1 до 10 (10 – хорошо оснащённые, 1 – не оснащённые);

8. Доверие банков и другие - в диапазоне от 1 до 10;

9. Отзывы о качестве выполнения прежних контрактов - в диапазоне от 1 до 10 (10 – положительные, 5 – нейтральные, 1 – отрицательные).

Оценки сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты многокритериальной оценки различных компаний

Варианты	Критерии								
	1, млрд	2	3	4	5	6	7	8	9
«Синтез-Суи»	17	-	5	3	7	нет	6	9	нет
«Инжтрансстрой-СПб»	36,2	-	3	4	8	10	7	9	7

ОАО «Метрострой»	2	+	9	10	8	10	8	9	9
------------------	---	---	---	----	---	----	---	---	---

**Решение:** а) Получим Парето-оптимальное множество, отбросив доминируемые по Парето варианты: {1, 3}.

При условии отсутствия информации о важности того или иного критерия при получившихся благоприятными более одного варианта, либо о каких-либо дополнительных свойствах оптимального решения последующее сужение множества невозможно. Таким образом анализ заканчивается указанием полученного множества и выбор варианта производится на основе дополнительных соображений.

б) Второй подход заключается в сужении Парето-множества с учетом дополнительной информации.

- *Указание нижних границ критериев.*

Допустим, государство хочет видеть построенный стадион к 2017 году. Тогда имеет место ограничение: срок выполнения контракта – к 2017 году.

Варианты, проходящие по дополнительным ограничениям: {1, 2, 3}; учитывая пункт а, оптимальными по Парето является вариант 3.

- *Субоптимизация.*

Допустим в качестве главных критериев выступают «срок выполнения контракта» и «отзывы о качестве выполнения прежних контрактов». Исключим варианты не проходящие ограничение «отзывы о качестве выполнения прежних контрактов»; остаются: {2, 3}. Из них выполненный к сроку контракт, имеет 3.

- *Лексикографическая оптимизация.*

Расположим критерии по относительной важности. Предположим важнейший критерий для нас – «стоимость контракта» (А), после него следует «доверие банков» (В), наименее важный – «репутация первых лиц предприятия» (D). Благоприятное значение по критерию А имеют варианты 1 и 3. После сравниваем отобранные варианты по следующему критерию В. Так как уровень доверия банков для этих вариантов одинакова, переходим к

третьему критерию D, по критерию репутация первых лиц предприятия лучшим является вариант 3, который и является здесь оптимальным.

### **Выводы**

Таким образом, предложены критерии оценки качества предлагаемых строительными подрядными организациями услуг. Нельзя не отметить субъективность экспертных оценок, однако, обработка результатов с применением Парето-оптимального множества при проведении подрядных торгов позволяет повысить объективность полученной оценки.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. <http://kanoner.com/2012/10/17/71729/>
2. <http://www.rbc.ru/society/15/07/2016/57888a659a79470dbbd349ab>
3. <http://www.rbc.ru/business/26/12/2016/5860d3c29a79473c02353f2d>
4. <http://www.rbc.ru/business/26/12/2016/5860d3c29a79473c02353f2d>
5. <http://www.rbc.ru/society/09/01/2017/5873abdd9a794728406690e6>
6. Солдатенко Т.Н. Модель деловой репутации подрядчика при строительстве здания // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. – 2014. – 12 (27). – С. 7-23.
7. Птухина И.С., Вяткин М.Е., Мусорина Т.А. Стоимость строительной продукции и особенности ее оценки // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. – 2014. – 8 (23). – С. 116-127.
8. Романович М.А., Симанкина Т.Л., Ильченко Д.П. Интегральная оценка рейтинга квалификации строительных рабочих // *Промышленное и гражданское строительство*. – 2015. – №5. – С. 49-53.