Комплексная оценка конкурентоспособности строительных технологий

А.Л. Жолобов, Е.А. Жолобова

Проблема, возникающая всякий раз при решении задачи многокритериального выбора из множества известных строительных технологий наиболее конкурентоспособной заключается в разрозненности, плохой сопоставимости, а порой и в противоречивости имеющейся информации о технологиях, а также в необходимости одновременного учета нескольких факторов, влияющих на такой выбор. К тому же эта задача бывает осложнена наличием факторов, характер проявления которых малоизучен и трудно предсказуем, особенно в условиях реконструкции и ремонта зданий и сооружений [1, 2, 3].

В ходе выполненного в Ростовском государственном строительном университете исследования были выявлены шесть внутренних и внешних факторов, способных оказывать влияние на результат комплексной оценки* конкурентоспособности любой строительной технологии, то есть способности не уступать по совокупности характеристик какой-либо альтернативной технологии при наличии перед ней некоторых преимуществ.

При этом к внутренним, то есть целевым факторам были отнесены доступность технологии, качество применяемого оборудования и качество получаемой строительной продукции, а к внешним, то есть ограничивающим факторам – обоснованность проектных решений, производственный и эксплуатационный факторы. Так было установлено, что каждый из указанных факторов можно описать совокупностью параметров, то есть показателей, характеризующих какое-либо свойство фактора, которые могут быть использованы в качестве локальных критериев при комплексной оценке конкурентоспособности строительных технологий [5, 6].

---

* В системотехнике строительства [4] под термином «оценка» принято понимать процедуру анализа альтернатив сопоставлением различных критериев оптимальности каких-либо объектов.

При выборе критериев оценки конкурентоспособности необходимо учитывать их неоднородность, которую можно устранить приведением значений этих критериев к безразмерному виду путем нормализации для возможности последующего их сравнения.

Из применяемых способов нормализации значений критериев лучше всего себя проявил векторный метод [7, 8], по которому нормализованные значения локальных критериев независимо от возрастающей или убывающей тенденции могут быть определены соответственно с помощью формул:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{m} x_{ij}^{2}}}, \qquad 0 \le \bar{x}_{ij} \le 1; \tag{1}$$

$$\bar{x}_{ij} = 1 - \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{m} x_{ij}^{2}}}, \quad 0 \le \bar{x}_{ij} \le 1, \tag{2}$$

где $\bar{x}_{ij}$ – нормализованное значение *j*-го локального критерия, относящегося к *i*-ой технологии.

Нормализованные значения локальных критериев с учетом весомости их для субъекта оптимизации, то есть лица, принимающего решение, рекомендуется корректировать по формуле:

$$\tilde{x}_{ij} = 1 - (1 - \bar{x}_{ij})\, p\,, \tag{3}$$

где p – весомость локального критерия, определяемая от 0 до 1.

Для возможности учета всех указанных факторов необходимо применение векторной оптимизации – метода математического программирования, в котором глобальный критерий оптимальности является вектором, а его элементы представляют собой несводимые друг к другу скалярные (локальные) критерии оптимальности.

Существует два подхода [9] к решению задач многокритериальной оптимизации, связанных с поиском некоторого компромисса среди целей подсистем, а значит и между локальными критериями. При первом подходе критерии сортируют по весомости, выбирают в качестве главного один из

них, а остальные рассматриваются как дополнительные ограничения. При втором – при сортировке критериям приписывают определенные веса (в соответствии с их важностью) и на этой основе формируют единый скалярный критерий, определяющий цель всей системы.

Выполнять выбор наиболее конкурентоспособной технологии для получения определенной строительной продукции авторы рекомендуют по второму способу, то есть в следующей последовательности:

– сформировать перечень допустимых технологий с учетом особенностей строительства и последующей эксплуатации объекта, а также выбрать субъект оптимизации;

– определить совокупность параметров факторов, которые определяют возможность достижения цели, в качестве локальных критериев;

– составить матрицы значений локальных критериев внутренних ($4a$) и внешних ($4б$) факторов:

$$X_1 = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2m} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & \dots & x_{3m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & x_{n3} & \dots & x_{nm} \end{pmatrix}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}; \tag{4а}$$

$$X_2 = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1k} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2k} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & \dots & x_{3k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & x_{n3} & \dots & x_{nk} \end{pmatrix}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, k}; \tag{4б}$$

где $x_{i,j}$ –значение j-го локального критерия для i-ой технологии;

– нормализовать значения локальных критериев как внутренних, так и внешних факторов с помощью формул (1 и 2) и откорректировать полученные нормализованные значения этих критериев с учетом их весомости для субъекта оптимизации по формуле (3).

Приняв равными вероятности влияния внутренних факторов, используя правило Бернулли, можно достаточно обоснованно выбрать наиболее конкурентоспособную строительную технологию:

$$V_1 = \left\{ V_i \mid \max_j \left(\frac{1}{m} \sum_{j=1}^{m} \tilde{x}_{ij} \right) \right\}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m},$$

где $\tilde{x}_{ij}$ – нормализованное значение *j*-го локального критерия внутренних факторов для *i*-го варианта.

Если выбор наиболее конкурентоспособной технологии производить одновременно с учетом внутренних и внешних факторов, то не обойтись без свертки их локальных критериев.

В этом случае потребуется определить среднее арифметическое значение локальных критериев внутренних факторов для каждой допустимой технологии:

$$\tilde{x}_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^{m} \tilde{x}_{ij}, \qquad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}.$$

Далее целесообразно составить объединенную матрицу из нормализованных значений локальных критериев внутренних и внешних факторов с учетом весомости при их самых неблагоприятных проявлениях:

$$\hat{x}_{ij} = \min_i (\tilde{x}_i, \tilde{x}_{ij}).$$

Тогда наиболее конкурентоспособную технологию можно определить с помощью правила Вальда:

$$V_2 = \left\{ V_i \,\middle|\, \max_j \min_i \hat{x}_{ij} \right\}, \qquad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, k}.$$

Указанные правила Бернули и Вальда, относящиеся к методам теории статистических решений, были положены авторами в основу алгоритма оценки конкурентоспособности строительных технологий. Этот алгоритм, например, был применен при разработке экспертной автоматизированной системы, предназначенной для оптимизации технологии ремонта рулонных и мастичных кровель с учетом их технического состояния. [10].

Литература

1. Османов С.Г., Жолобов А.Л. К вопросу о выборе методов и средств подачи к месту укладки готовой к употреблению бетонной смеси на плотных

заполнителях [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона, 2011. № 1. – Режим доступа: http://www.ivdon.ru/uploaddir/articles.361.big_image.doc (доступ свободный) - Загл. с экрана. – Яз. рус.

2. Жолобов А.Л. Современные технологические решения по ремонту многослойных кровель [Текст] // Вестник гражданских инженеров». СПб, 2008. № 4. С. 55–62.

3. Жолобова Е.А., Жолобов А.Л. Информационное обеспечение подготовки предпроектных решений по капитальному ремонту зданий [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона, 2011. № 4, часть 2. – Режим доступа: http://www.ivdon.ru/uploaddir/articles.361.big_image.doc (доступ свободный) - Загл. с экрана. – Яз. рус.

4. Системотехника строительства. Энциклопедический словарь [Текст] / Под ред. А.А. Гусакова. М.: Фонд "Новое тысячелетие", 1999. 432 с.

5. Жолобов А.Л. Локальные критерии для комплексной оценки эффективности строительных технологий [Текст] // Вестник гражданских инженеров. 2010. № 4. С. 95–99.

6. Жолобов А.Л. Совершенствование строительных технологий с помощью синтеза альтернативных решений [Текст] // Научно-технический журнал Вестник МГСУ. 2009. № 3. С. 30–33.

7. Hwang, C. L. and Yoon, K. (1981) Multiple attribute decision making. Methods and applications. Lecture notes in economics and mathematical systems. Berlin: Springer-Verlag. 259 p.

8. Ehrgott, M. (2005) Multicriteria optimization, 2nd edition. Berlin: Springer. 320 p.

9. Лопатников Л. И. Экономико-математический словарь: Словарь современной экономической науки [Текст]: 5-е изд., перераб. и доп. М.: Дело, 2003. 520 с.

10. Многослойные кровли: оптимизация технологии ремонта с учетом технического состояния [Текст]: Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2004612108 / Е.А. Жолобова, А.Л. Жолобов (РФ). – 1 с.