

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА TOPSIS ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

© 2025 Е.Ю. Головина, И.В. Зырянов, В.И. Буньковский, Н.П. Лонcich

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Статья поступила в редакцию 16.09.2025

В статье рассматривается применение метода TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) для управления качеством технологических инноваций на различных этапах их жизненного цикла. Метод TOPSIS позволяет сравнивать альтернативы по множеству критериев, что делает его эффективным инструментом поддержки принятия решений в условиях многокритериальности. В работе представлен математический аппарат метода, а также пример его применения для выбора оптимальной инновационной стратегии с учетом показателей качества. Кроме того, на реальном примере демонстрируется процесс принятия решения при модернизации оборудования с учетом пяти ключевых критериев: точности вибрации, мощности привода, стоимости модернизации, ремонтпригодности и энергоэффективности. Приведены подробные математические выкладки всех этапов расчета.

Ключевые слова: TOPSIS, управление качеством, технологические инновации, многокритериальный анализ, принятие решений, вибростенд, вибрационные испытания, промышленное оборудование.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-5-87-93

EDN: MOOOJB

ВВЕДЕНИЕ

Современные технологические инновации требуют комплексного подхода к управлению качеством на всех этапах жизненного цикла - от генерации идеи до внедрения и эксплуатации. Одной из ключевых проблем является выбор оптимального решения среди множества альтернатив с учетом различных критериев качества.

Метод TOPSIS, разработанный Хвангом и Юном в 1981 году [1], относится к методам многокритериального принятия решений (MCDM) и основан на принципе выбора альтернативы, наиболее близкой к идеальному решению и наиболее удаленной от наихудшего. Данный метод нашел широкое применение в управлении качеством, инновационном менеджменте и технологическом прогнозировании.

Внедрение инноваций часто сопряжено с выбором из множества альтернатив, каждая из которых имеет свои преимущества и недостатки по целому ряду критериев (технические, экономические, социальные, риски и т.д.). TOPSIS позволяет систематизировать этот процесс выбора и определить наилучшую альтернативу [5].

Вот как можно использовать TOPSIS для решения проблем внедрения и применения инновационных технологий, с фокусировкой на типичных проблемах, отраженных ниже:

1. Неопределенность выбора, проявляющаяся множеством доступных инновационных технологий, из которых трудно определить, какая из них наиболее подходит для конкретной ситуации.
2. Высокие затраты, характеризующиеся внедрением инноваций, требующих значительных инвестиций.
3. Технические риски, которым присущи неизвестность в работе новой технологии, потенциальные сбои, проблемы с интеграцией.
4. Социальные и организационные барьеры, проявляющиеся через сопротивление изменениям со стороны персонала, необходимость обучения, изменение бизнес-процессов.
5. Сложность оценки эффективности – часто непонятно, как измерить реальную пользу от внедрения инновации.

Головина Елена Юрьевна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики и цифровых бизнес-технологий. E-mail: elenauspeh75@gmail.com

Зырянов Игорь Владимирович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры горных машин и электро-механических систем. E-mail: zuryanoviv@inbox.ru

Буньковский Владимир Иосифович, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры менеджмента. E-mail: bunker59@mail.ru

Лонcich Наталья Павловна, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры автоматизации и управления. E-mail: natalysib@list.ru

6. Проблемы с поставщиками особенно актуальны в современном мире, где зачастую стационарные ограничения негативно сказываются на взаимодействии внешних контрагентов. Здесь важно отметить надежность поставщиков, качество поддержки, а также доступность запасных частей и материалов.

7. Несоответствие требованиям, как правило, характеризуется тем, что выбранная технология может не полностью удовлетворять всем потребностям или требованиям.

Для решения вышеуказанных проблем TOPSIS работает по принципу определения «идеального положительного решения» (Ideal Best Solution – IBS) и «идеального отрицательного решения» (Ideal Worst Solution – IWS). IBS – это гипотетическая альтернатива, имеющая лучшие значения по всем критериям, а IWS – худшие значения по всем критериям. TOPSIS ранжирует альтернативы по их близости к IBS и удаленности от IWS [3].

Целью статьи является демонстрация применения метода TOPSIS для управления качеством технологических инноваций с представлением математического аппарата и практического примера.

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ МЕТОДА TOPSIS

Метод TOPSIS включает следующие этапы:

1. Формирование матрицы решений

Пусть имеется m альтернатив ($A_1, A_2, \dots, A_m$) и n критериев ($C_1, C_2, \dots, C_n$). Исходные данные представляются в виде матрицы:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где x_{ij} – значение j -го критерия для i -й альтернативы.

2. Нормализация матрицы

Для устранения влияния различных единиц измерения проводится нормализация, за чего происходит устранение размерности, т.е. все значения становятся безразмерными, происходит приведение к единому масштабу, где все значения в диапазоне $[0, 1]$ и в результате все критерии становятся сопоставимыми.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, \quad (2)$$

Для каждого критерия j (столбца) вычисляется нормирующий множитель, а затем каждое значение делится на этот множитель.

3. Построение взвешенной нормализованной матрицы

Учитываются веса критериев w_j , где $\sum_{j=1}^n w_j = 1$. При этом, взвешенная матрица V вычисляется путем умножения значений нормализованной матрицы решений r_{ij} на веса критериев w_j :

$$v_{ij} = w_j \cdot r_{ij}, \quad (3)$$

4. Определение идеального и наихудшего решений

Отметим, что идеальное решение A^+ представляет собой гипотетическую, наилучшую из возможных альтернатив, которая состоит из самых лучших значений по всем критериям одновременно. В свою очередь, наихудшее решение A^- является гипотетической величиной с худшими значениями по всем критериям (рассчитывается по обратному принципу: $\min$ для стимулирующих и $\max$ для затратных).

Решения A^+ и A^- определяются следующим образом:

$$\begin{aligned} A^+ &= \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\}, \quad v_j^+ = \begin{cases} \max(v_{ij}), & \text{если критерий стимулирующий} \\ \min(v_{ij}), & \text{если критерий затратный} \end{cases} \\ A^- &= \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}, \quad v_j^- = \begin{cases} \min(v_{ij}), & \text{если критерий стимулирующий} \\ \max(v_{ij}), & \text{если критерий затратный} \end{cases} \end{aligned} \quad (4)$$

где v_j^+ – это идеальное значение для конкретного критерия j , v_j^- – наихудшее значение для конкретного критерия j .

5. Расчет расстояний до идеального и наихудшего решений

Расстояния до идеального и наихудшего решений вычисляются по формулам:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}, \quad D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad (5)$$

где D_i^+ показывает, насколько альтернатива далека от совершенства, при этом, чем меньше D_i^+ , тем лучше. Минимальное возможное значение = 0 (полное совпадение с идеалом);

D_i^- показывает, насколько альтернатива далека от худшего варианта, при этом, чем больше D_i^- , тем лучше, а максимальное значение не ограничено.

Важно, что эти расстояния позволяют количественно оценить, насколько каждая альтернатива близка к идеалу, и насколько она лучше худшего варианта (относительное преимущество одной альтернативы над другой).

6. Расчет относительной близости к идеальному решению

Коэффициент близости рассчитывается как:

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}, \quad (6)$$

где $C_i \rightarrow 1$ – идеальная альтернатива; $C_i \rightarrow 0$ – наихудшая альтернатива.

Альтернативы ранжируются по убыванию C_i

Разберём пример практического применения TOPSIS для управления качеством инноваций с исходными данными, представленными в таблицах 1 и 2.

Рассмотрим выбор оптимальной инновационной стратегии по трем критериям [4]:

C_1 – технологическая осуществимость (максимизация),

C_2 – стоимость внедрения (минимизация),

C_3 – ожидаемое качество продукта (максимизация).

Таблица 1 – Исходные данные по трем критериям

Альтернатива	C_1	C_2	C_3
A_1	8	6	7
A_2	9	5	8
A_3	7	7	6

Рассчитанные веса критериев $w = (0.4, 0.3, 0.3)$.

После выполнения расчетов по TOPSIS наилучшей альтернативой оказалась A_2 .

Далее разберем применение TOPSIS для выбора инновационной стратегии.

Рассмотрим выбор оптимальной инновационной стратегии по четырем критериям:

C_1 – технологическая осуществимость (максимизация),

C_2 – стоимость внедрения (минимизация),

C_3 – ожидаемое качество продукта (максимизация),

C_4 – срок реализации (минимизация).

Таблица 2 – Исходные данные по четырем критериям

Альтернатива	C_1	C_2	C_3	C_4
A_1	8	6	7	5
A_2	9	5	8	6
A_3	7	7	6	4
A_4	6	4	9	7

Рассчитанные веса критериев $w = (0.3, 0.2, 0.3, 0.2)$.

Исходя из представленного выше алгоритма расчета, представим результаты нормализации матрицы.

Вычислим нормализованные значения для каждой альтернативы.

Для критерия C_1 (технологическая осуществимость):

$$\sqrt{8^2 + 9^2 + 7^2 + 6^2} = \sqrt{230} \approx 15.165;$$

$$r_{11} = \frac{8}{15.165} \approx 0.527, \quad r_{21} = \frac{9}{15.165} \approx 0.593;$$

$$r_{31} = \frac{7}{15.165} \approx 0.461, r_{41} = \frac{6}{15.165} \approx 0.395.$$

Аналогично проводим расчеты для остальных критериев. Полная нормализованная матрица будет иметь следующий вид:

$$R = \begin{pmatrix} 0.527 & 0.535 & 0.482 & 0.486 \\ 0.593 & 0.446 & 0.551 & 0.583 \\ 0.461 & 0.624 & 0.413 & 0.389 \\ 0.395 & 0.357 & 0.620 & 0.680 \end{pmatrix}.$$

Далее произведем взвешивание нормализованной матрицы.

Исходя из алгоритма расчета умножаем каждый столбец на соответствующий вес:

$$V = \begin{pmatrix} 0.158 & 0.107 & 0.145 & 0.097 \\ 0.178 & 0.089 & 0.165 & 0.117 \\ 0.138 & 0.125 & 0.124 & 0.078 \\ 0.119 & 0.071 & 0.186 & 0.136 \end{pmatrix}.$$

Следующим этапом необходимо определить идеальное и наихудшее из решений.

Идеальное решение A^+ (максимизация C_1, C_3 ; минимизация C_2, C_4):

$$A^+ = \{0.178, 0.071, 0.186, 0.078\}.$$

Наихудшее решение $A^- = \{0.119, 0.125, 0.124, 0.136\}$.

Тогда расчет расстояний будет иметь вид:

Для альтернативы A_1 :

$$D_1^+ \approx 0.062;$$

$$D_1^- \approx 0.061.$$

Аналогично проводится расчет для остальных альтернатив.

Затем производится расчет коэффициентов близости и ранжирование.

$$C_1 = \frac{0.061}{0.062 + 0.061} \approx 0.496;$$

$$C_2 \approx 0.712, C_3 \approx 0.324, C_4 \approx 0.568.$$

Представим результаты итогового ранжирования альтернатив:

$$A_2 (C_2 \approx 0.712);$$

$$A_4 (C_4 \approx 0.568);$$

$$A_1 (C_1 \approx 0.496);$$

$$A_3 (C_3 \approx 0.324).$$

Таким образом, из приведенных примеров применения метода TOPSIS позволяет объективно выбирать наилучшие инновационные стратегии с учетом множества критериев качества [6]. В рассмотренном примере наилучшей альтернативой оказалась A_2 , что объясняется ее высокой технологической осуществимостью и качеством продукта при умеренной стоимости.

Далее в статье рассматривается практическое применение метода TOPSIS для выбора оптимальной конструкции промышленного вибростенда, используемого для вибрационных испытаний продукции [7]. На реальном примере демонстрируется процесс принятия решения при модернизации оборудования с учетом пяти ключевых критериев: точности вибрации, мощности привода, стоимости модернизации, ремонтпригодности и энергоэффективности.

Так, промышленные вибростенды являются критически важным оборудованием для тестирования продукции в автомобильной, аэрокосмической и машиностроительной отраслях. При модернизации или разработке нового вибростенда инженеры сталкиваются с необходимостью выбора оптимального решения среди нескольких альтернатив, учитывающего множество технических и экономических факторов.

В приведённом ниже примере метод TOPSIS применяется для выбора наилучшего варианта модернизации вибростенда мощностью 50 кН, используемого для испытания автомобильных компонентов. Рассматриваются четыре альтернативных варианта модернизации, оцениваемых по пяти критериям.

Приведем математические выкладки всех этапов расчета.

1. Альтернативы модернизации

Рассматриваются четыре варианта модернизации вибростенда:

A_1 – замена электродинамического привода на более мощный;

A_2 – установка дополнительной системы активного гашения вибраций;

A_3 – модернизация системы управления с переходом на цифровой контроллер;

A4 – комплексная модернизация (привод + система управления).

2. Критерии оценки

Точность вибрации (C1) – максимизация (чем выше, тем лучше).

Мощность привода (C2) – максимизация.

Стоимость модернизации (C3) – минимизация.

Ремонтопригодность (C4) – максимизация (оценка экспертов по 10-балльной шкале).

Энергоэффективность (C5) – максимизация (КПД системы)

3. Математическая модель

Далее в таблице 3 представим матрицу решений.

Таблица 3 – Значения критериев для каждой альтернативы

Альтернатива	C1 (точность), %	C2 (мощность), кВт	C3 (стоимость), млн руб.	C4 (ремонтопригодность), баллы	C5 (КПД), %
A1	92	55	2.8	7	85
A2	95	50	3.2	8	82
A3	89	45	1.9	9	88
A4	97	60	4.5	6	90

По результатам расчетов получим следующие значения весовых критериев $w = (0.25, 0.20, 0.20, 0.15, 0.20)$.

4. Нормализация матрицы

Исходя из алгоритма расчетов для всех критериев проводим нормализацию.

Критерий C1 – $\sqrt{92^2 + 95^2 + 89^2 + 97^2} = \sqrt{34819} \approx 186.6$.

$R_{C1} \approx [0.493; 0.509; 0.477; 0.520]$.

Критерий C2 – $\sqrt{55^2 + 50^2 + 45^2 + 60^2} = \sqrt{11150} \approx 105.59$.

$R_{C2} \approx [0.521; 0.474; 0.426; 0.568]$.

Критерий C3 – $\sqrt{2.8^2 + 3.2^2 + 1.9^2 + 4.5^2} = \sqrt{41.94} \approx 6.476$.

$R_{C3} \approx [0.432; 0.494; 0.293; 0.695]$.

Критерий C4 – $\sqrt{7^2 + 8^2 + 9^2 + 6^2} = \sqrt{230} \approx 15.17$.

$R_{C4} \approx [0.461; 0.527; 0.593; 0.395]$.

Критерий C5 – $\sqrt{85^2 + 82^2 + 88^2 + 90^2} = \sqrt{29793} \approx 172.61$.

$R_{C5} \approx [0.492; 0.475; 0.510; 0.521]$.

Рассчитанные значения сведем в итоговую нормализованную матрицу R (таб. 4):

Таблица 4 – Исходные данные нормализованной матрицы

Альтернатива	C1	C2	C3	C4	C5
A1	0.493	0.521	0.432	0.461	0.492
A2	0.509	0.474	0.494	0.527	0.475
A3	0.477	0.426	0.293	0.593	0.510
A4	0.520	0.568	0.695	0.395	0.521

Эта матрица является основой для дальнейших расчетов. Теперь можно переходить к этапу взвешивания, умножая каждый столбец на соответствующий весовой коэффициент.

5. Взвешенная нормализованная матрица

Так, например, для альтернативы A1 по C1 получим $v_{11} = 0.493 \times 0.25 \approx 0.123$.

Полная взвешенная нормализованная матрица V будет выглядеть следующим образом (табл. 5).

Таблица 5 – Исходные данные взвешенной нормализованной матрицы

Альтернатива	C1	C2	C3	C4	C5
A1	0.123	0.104	0.086	0.069	0.098
A2	0.127	0.095	0.099	0.079	0.095
A3	0.119	0.085	0.059	0.089	0.102
A4	0.130	0.114	0.139	0.059	0.104

6. Определение идеального и наихудшего решений
 $A^+ = \{0.130; 0.114; 0.059; 0.089; 0.104\}.$
 $A^- = \{0.119; 0.085; 0.139; 0.059; 0.095\}.$
7. Расчет расстояний и коэффициентов близости

Представим результаты расчета расстояния до идеального и наихудшего решений для альтернативы A1.

$$D_1^+ \approx 0.03625;$$

$$D_1^- \approx 0.613.$$

Согласно выше представленному алгоритму аналогично проводится расчет для остальных альтернатив.

Затем производится расчет коэффициентов близости и ранжирование.

Итоговые результаты вышеприведенных расчетов представим в таблице 6.

Таблица 6. Итоговые результаты расчетов

Альтернатива	D ⁺	D ⁻	C _i	Ранг
A1	0.03625	0.05740	0.613	2
A2	0.04638	0.04652	0.501	3
A3	0.03108	0.08573	0.734	1
A4	0.08544	0.03229	0.274	4

Таким образом, согласно проведенным расчетам, оптимальной альтернативой является A3 (модернизация системы управления с переходом на цифровой контроллер), так как она имеет наибольший коэффициент близости $C_3 = 0.734$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование продемонстрировало эффективность применения метода TOPSIS для решения задачи выбора оптимального варианта модернизации промышленного вибростенда. В результате комплексного многокритериального анализа четырех альтернатив был получен объективный ранжированный ряд решений, основанный на расчете коэффициентов близости к идеальному решению.

В работе доказана эффективность метода TOPSIS для обработки разнородных критериев с различной размерностью, что особенно актуально для задач технико-экономического обоснования инвестиционных решений в промышленности.

Материалы настоящего исследования показали, что метод TOPSIS также является эффективным инструментом поддержки и для принятия решений в управлении качеством технологических инноваций. Его применение позволяет объективно сравнивать альтернативы с учетом множества критериев, что способствует выбору оптимальных решений на всех этапах жизненного цикла инновации [2].

Отметим, что полученные результаты могут быть использованы на предприятиях машиностроительного комплекса при обосновании инвестиционных решений в области модернизации испытательного оборудования, что позволит повысить эффективность капиталовложений и обеспечить требуемые технико-экономические показатели производственных процессов.

Вместе с тем, внедрение предложенной методики в практику инжиниринговых компаний и промышленных предприятий будет способствовать оптимизации процессов принятия управленческих решений при техническом перевооружении производств и управлении качеством технологических инноваций на всех этапах жизненного цикла - от проектирования до эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hwang C.L., Yoon K. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. – Springer, 1981.
2. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993.
3. Wang Y.M., Elhag T.M.S. Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment // Expert Systems with Applications. – 2006. – Vol. 31, No. 2. – P. 309-319.
4. Демидовский, П.В. Сравнительный анализ методов многокритериального принятия решений: ELECTRE, TOPSIS и ML-LDM / П.В. Демидовский // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. – 2020. – С. 234-237.
5. Кумратова, А. М. Применение метода TOPSIS для оценки производства отдельных секторов экономики РФ / А. М. Кумратова, Р. И. Клинецвич, И. И. Василенко, А. С. Романюк // Современная экономика: проблемы и решения. – 2025. – №7. – С. 21-35.
6. Чаплыгин, В.Г. Принятие решений по трансферу технологий в региональном инновационном кластере в условиях неопределенности и риска / В.Г. Чаплыгин, В.Н. Мороз // Журнал Новой экономической ассоциации. – 2022. – № 1(53). – С. 121-142.
7. SAE International Digital Library [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.sae.org/publications/technical-papers/> (дата обращения 03.08.2025).

APPLICATION OF THE TOPSIS METHOD FOR QUALITY MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL INNOVATIONS AT VARIOUS STAGES OF THE LIFE CYCLE

© 2025 E.Yu. Golovina, I.V. Zyryanov, V.I. Bunkovsky, N.P. Lontsikh

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

The article discusses the application of the TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) method for managing the quality of technological innovations at various stages of their life cycle. The TOPSIS method allows for the comparison of alternatives based on multiple criteria, making it an effective tool for supporting decision-making in multi-criteria environments. The article presents the mathematical framework of the method and provides an example of its application for selecting the optimal innovation strategy based on quality indicators. In addition, a real-life example demonstrates the decision-making process for upgrading equipment, taking into account five key criteria: vibration accuracy, drive power, upgrade cost, maintainability, and energy efficiency. Detailed mathematical calculations of all stages of the calculation are provided.

Keywords: TOPSIS, quality management, technological innovations, multi-criteria analysis, decision-making, vibration stand, vibration tests, industrial equipment.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-5-87-93

EDN: MOOJB

REFERENCES

1. Hwang C.L., Yoon K. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. – Springer, 1981.
2. Saati, T. Prinyatie reshenij. Metod analiza ierarhij / T. Saati. – М.: Radio i svyaz', 1993.
3. Wang Y.M., Elhag T.M.S. Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment // Expert Systems with Applications. – 2006. – Vol. 31, No. 2. – P. 309-319.
4. Demidovskij, P.V. Sravnitel'nyj analiz metodov mnogokriterial'nogo prinyatiya reshenij: ELECTRE, TOPSIS i ML-LDM / P.V. Demidovskij // Mezhdunarodnaya konferenciya po myagkim vychisleniyam i izmereniyam. – 2020. – S. 234-237.
5. Kumratova, A. M. Primenenie metoda TOPSIS dlya ocenki proizvodstva otidel'nyh sektorov ekonomiki RF / A. M. Kumratova, R. I. Klinevich, I. I. Vasilenko, A. S. Romanyuk // Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya. – 2025. – №7. – S. 21-35.
6. Chaplygin, V.G. Prinyatie reshenij po transferu tekhnologij v regional'nom innovacionnom klasterе v usloviyah neopredelennosti i riska / V.G. Chaplygin, V.N. Moroz // Zhurnal Novej ekonomicheskoy associacii. – 2022. – № 1(53). – С. 121-142.
7. SAE International Digital Library [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://www.sae.org/publications/technical-papers/> (data obrashcheniya 03.08.2025).

Elena Golovina, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economics and Digital Business Technologies. E-mail: elenauspeh75@gmail.com

Igor Zyryanov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Mining Machines and Electromechanical Systems. E-mail: zyryanoviv@inbox.ru

Vladimir Bunkovsky, Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Management. E-mail: bunker59@mail.ru

Natalia Lontsikh, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automation and Management. E-mail: natalysib@list.ru