

ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

С. А. Рачкова, В. Г. Мокрозуб✉

*Кафедра «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении»,
mokrozubv@yandex.ru; ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Россия*

Ключевые слова: доступность школьного образования; многокритериальная задача; организационно-техническая система; парето-оптимальное решение.

Аннотация: Система школьного образования представлена как распределенная в пространстве организационно-техническая система с фрактальной структурой. Поставлена многокритериальная задача поиска региона, муниципалитета или школы с наименьшей доступностью качественного школьного образования, решаемая на федеральном, муниципальном или местном уровне. Предложены алгоритм решения задачи и пример расчета для Мучкапского муниципального округа Тамбовской области.

Введение

В соответствии с государственной программой развития образования «повышение доступности, эффективности и качества образования в соответствии с реалиями настоящего и вызовами будущего – одно из базовых направлений реализации государственной политики» [1]. Задача школьного образования заключается в подготовке молодого поколения, способного решать задачи будущего развития страны.

Оценить качество этой подготовки очень сложно, так как необходимо «рассматривать процесс функционирования школы во взаимосвязи внутренних и внешних условий, влияющих на продуктивность образовательной деятельности в целом, включая обеспечение социального благополучия, равенства, справедливости» и др. [2].

Тем не менее существуют международные программы и исследования по оценке образовательных результатов, такие как [3]:

«– PISA – Международная программа по оценке учебных достижений (англ. Programme for International Student Assessment);

– TIMSS – Международное мониторинговое исследование качества математического и естественнонаучного образования (англ. Trends in Mathematics and Science Study);

– PIRLS – Международное исследование качества чтения и понимания текста (англ. Progress in International Reading Literacy Study)» и др.

Опираясь на результаты данных и других исследований, многие авторы определяют условия и дают рекомендации по повышению качества школьного образования [4, 5], в том числе в сельской местности [6].

Естественно, что образовательные результаты учеников напрямую зависят от управления школьным образованием, представляющим собой сложную организационно-техническую систему, «комплексная деятельность» (КД) которой заключается в получении учащимися необходимых образовательных результатов [7].

Описание организационно-технической системы школьного образования

В Российской Федерации управление школьным образованием осуществляется четырехуровневой иерархической системой, в основе которой лежит разделение функций управления по территориальному принципу (рис. 1).

Основным «структурным элементом деятельности» (СЭД) [7] системы школьного образования являются школы, представляющие собой сложные организационно-технические системы (ОТС) (рис. 2). Организационной составляющей ОТС школы в соответствии с определением организационной системы как «объединение людей, совместно реализующих некоторую программу или цель и действующих на основе определенных процедур и правил» [8] являются:

- коллектив учеников;
- педагогический коллектив;
- административно-управленческий персонал (управление на уровне школы, муниципалитета, региона и др.);
- родительская общественность и др.

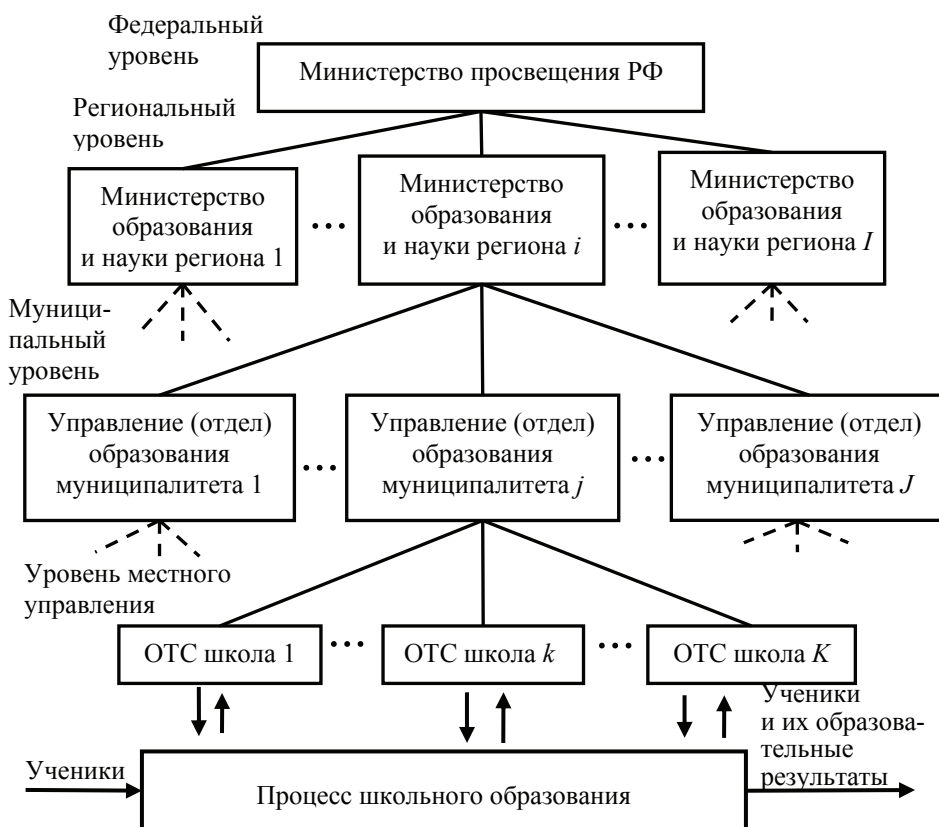


Рис. 1. Управление школьным образованием РФ



Рис. 2. Структура ОТС школы

Эти элементы действуют на основании нормативно-правовых документов федерального, регионального и муниципального уровня, образовательных стандартов, учебных программ и др.

Технической составляющей системы школьного образования являются материально-технические (здания школ, оснащение школ) и информационные ресурсы, включающие в себя как средства хранения информации, так и саму информацию (образовательный контент, электронные дневники, ресурсы для проведения дистанционных занятий).

В соответствии с классификацией, представленной в [7], построенной на основе целеполагания системы, ОТС школы относится к первому классу: как «ОТС с заданными извне целями». Кроме того, это распределенные системы. Одним из признаков распределения является то, что ученики в сельских школах проживают в разных населенных пунктах. Как правило, в сельских районах ученики одного населенного пункта ходят в одну школу. В случае, когда ученики населенного пункта ходят в разные школы – одна восьмилетняя, другая десятилетняя, населенный пункт можно условно представить как два населенных пункта с учениками разного возраста. На рисунке 3 представлена структура распределения учеников населенных пунктов муниципалитета по его школам.

Теоретико-множественное представление школьного образования запишется следующим образом:

$R = \{r\}$, $r = \overline{1, KR}$ – множество муниципалитетов (районов) региона;

$P = \{p\}$, $p = \overline{1, KP}$ – множество населенных пунктов муниципалитета i ; KP – число населенных пунктов в муниципалитете i ;

$S_r = \{s\}$, $s = \overline{1, KS}$ – множество школ муниципалитета i ; KS – число школ в муниципалитете i ;



Рис. 3. Распределение учеников населенных пунктов муниципалитета по его школам

$GP_r = \{NP_r, SK_r, RG_r\}$, $r = \overline{1, KR}$ – двудольный граф закрепления населенных пунктов за школами;

$RG_r = \{r_{p,s}\}$, $r = \overline{1, KR}$, $p = \overline{1, KP}$, $s = \overline{1, KS}$ – матрица смежности населенных пунктов и школ муниципалитета r ;

$g_{p,s} = \begin{cases} 1, & \text{если населенный пункт } p \text{ закреплен за школой } s \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases}$

$D = \{d_{r,p}\}$, $r = \overline{1, KR}$, $p = \overline{1, KP}$ – число детей школьного возраста, проживающих в населенном пункте p муниципалитета r .

Задачи, решаемые элементами системы управления школьным образованием, определяются уровнем элемента в соответствии с рис. 1. Как было сказано выше, на образовательные результаты учеников влияют многочисленные факторы, в том числе и доступность качественного образования. Задача обеспечения равной доступности качественного школьного образования всем детям, независимо от места их проживания, решается на всех уровнях управления (федеральном,

региональном, муниципальном). Доступность качественного школьного образования напрямую зависит от финансирования. Финансовые ресурсы страны всегда ограничены, независимо от ее политического устройства, географического местоположения и т.д. В условиях ограниченности финансовых ресурсов возникает задача их распределения. При этом министерство (федеральный уровень) распределяет финансы по регионам, регионы – по муниципалитетам, а муниципалитет уже определяет, как тратить полученные ресурсы. Тем не менее за вышестоящими органами управления остается надзорная функция.

Финансовые ресурсы должны направляться в первую очередь в территории с наиболее неблагоприятными условиями школьного образования. Таким образом, для распределения финансирования необходимо решить задачу определения (поиска) территории с неблагоприятными условиями школьного образования. Причем на федеральном уровне такой территорией является регион, на региональном – муниципалитет, далее муниципалитет должен определить школы и населенные пункты, в которых наиболее неблагоприятные условия школьного образования.

В соответствии с принципом фрактальности ОТС [7], вышеуказанные задачи будут подобны для разных уровней управления образованием. Для их решения необходимо определить критерии оценки доступности качественного образования. На федеральном уровне по этим критериям оцениваются регионы, на региональном – муниципалитеты, на муниципальном – школы и населенные пункты.

Обозначим множество критериев определения доступности качественного образования $KR = \{kr_i\}$, $i = 1, I$. Тогда задача определения территории с неблагоприятными условиями школьного образования заключается в следующем:

– *федеральный уровень*. Из множества регионов $R = \{r\}$, $r = 1, KR$ найти такой регион $r^* \in R$, для которого $KR(r^*) = \text{extr}_{r \in R}(KR(r))$;

– *региональный уровень*. Из множества муниципалитетов заданного региона $M = \{m\}$, $m = 1, KM$ найти такой муниципалитет $m^* \in M$, для которого $KR(m^*) = \text{extr}_{m \in M}(KR(m))$;

– *муниципальный уровень*:

1) из множества школ $S = \{s\}$, $s = 1, KS$ заданного муниципалитета найти такую школу $s^* \in S$, для которой $KR(s^*) = \text{extr}_{s \in S}(KR(s))$;

2) из множества населенных пунктов $P = \{p\}$, $p = 1, KP$ заданного муниципалитета найти такой населенный пункт $p^* \in P$, для которого $KR(p^*) = \text{extr}_{p \in P}(KR(p))$.

Постановка задачи определения школы с неблагоприятными условиями школьного образования

Вопросы определения доступности социальных объектов, в том числе общеобразовательных школ, отражены во многих зарубежных и отечественных публикациях [9 – 11].

Существующие методы определения доступности образования можно разделить на три класса:

– оценка экспертами. Например, методы независимой оценки качества образования (**НОКО**), в которых эксперты по заданной шкале оценивают вербальные показатели, такие как «открытость и доступность информации об образовательной организации, комфортность условий и доступность получения образовательной услуги» [12] и др.;

– анкетный опрос участников образовательного процесса и расчет количества ответов (процент ответов) на вопросы [13];

– расчет отдельных показателей, таких, например, как количество персональных компьютеров на 1000 обучающихся [14] или «доля школьных зданий, имеющих охрану», «численность обучающихся в расчете на одного учителя» и сведение их к одному обобщенному показателю [15].

В качестве критериев оценки условий школьного образования в сельской местности авторы используют следующие показатели, обоснование которых приведено в [16, 17]:

– нормированная средняя доступность школ;

– модифицированный коэффициент Джини;

– наличие «Точки роста» в школе TR_s ($TR_s = 0$, если «Точки роста» в школе нет, при ее наличии $TR_s = 1$).

В работе [16] дано описание постановки и решения задачи определения района (муниципалитета) с самыми неблагоприятными условиями школьного образования. При этом не решалась задача определения населенного пункта и школы с самыми неблагоприятными условиями школьного образования. Определение таких населенных пунктов и школ необходимо для выработки дальнейших действий по повышению доступности качественного школьного образования в районе. По сути, настоящая работа является продолжением работы [16].

Постановка задачи определения школы с самыми неблагоприятными условиями школьного образования заключается в следующем. Для заданного муниципалитета найти такую школу $s^* \in S$, для которой:

$$\begin{aligned}dostsr_s^* &= \min_{s \in S}(dostsr_s); \\ G_s^* &= \max_{s \in S}(G_s); \\ TR_s^* &= \min_{s \in S}(TR_s).\end{aligned}\tag{1}$$

При следующих ограничениях:

$$dostsr_s = \frac{\sum_{ps \in PS} dostsh_{ps} d_{ps}}{sd_s} \quad \text{– средняя доступность } s\text{-й школы};$$

$$dostsh_{ps} = \frac{dost_{ps} - dost_{\min}}{dost_{\max} - dost_{\min}} \quad \text{– нормированная средняя доступность школы}$$

для ps -го населенного пункта;

$PS_s \subset P$ – множество населенных пунктов, закрепленных за s -й школой,

$$\bigcup_{s=1}^{KS} PS_s = P, \quad \bigcap_{s=1}^{KS} PS_s = \emptyset;$$

sd_s – число школьников в s -й школе;

d_{ps} – число школьников в ps -м населенном пункте;

$dost_{ps}$ – доступность школы для ps -го населенного пункта;

$dost_{\min}$, $dost_{\max}$ – соответственно минимальная и максимальная возможная доступность школы.

Авторы [11] предложили использовать гравитационную модель для вычисления доступности медицинских учреждений, которая для расчета доступности школы принимает вид

$$dost_{ps} = \frac{m_{ps}}{d_{ps} t_{ps}^2};$$

m_{ps} – число мест в школе, которое предоставляется ps -у населенному пункту;

d_{ps} – число учащихся в ps -м населенном пункте.

Введем обозначения:

t_{ps} – время ребенка в пути от дома до школы;

r_{ps} – расстояние между школой и ps -м населенным пунктом, м;

t_{ps} – время подъезда к школе учеников ps -го населенного пункта, ч;

t_{vv} – время выхода из дома и входа в школу, ч;

v_1 , v_2 – средние скорости пешехода и автомобиля соответственно, км/ч;

rm – максимальное расстояние до школы, когда дети идут пешком, если оно больше, то необходим подвоз детей на автомобиле, м.

Теоретически максимальная величина доступности достигается при расстоянии до школы, равном нулю. Таким образом,

$$dost_{\min} = \frac{1}{t_{vv}^2}.$$

Минимальная величина доступности достигается при максимальном допустимом времени школьника в пути или при максимальном допустимом расстоянии до школы. Будем использовать максимальное допустимое время в пути t_{\max} , тогда

$$dost_{\max} = \frac{1}{tm^2},$$

где $tm = t_{vv} + t_{\max}$;

$$dost_{ps} = \begin{cases} \frac{m_{ps}}{d_{ps} t_{ps}^2}, & \text{если } m_{ps} < dt_{ps} \\ \frac{1}{t_{ps}^2}, & \text{если } m_{ps} \geq dt_{ps}; \end{cases}$$

$$t_{ps} = t_{vv} + \frac{r_{ps}}{v_1 \cdot 1000}, \text{ если } r_{ps} \leq rm, \text{ дети идут пешком};$$

$$t_{ps} = t_{vv} + \frac{r_{ps}}{v_2 \cdot 1000} + tn, \text{ если } r_{ps} > rm, \text{ подвоз детей на школьном автобусе};$$

$m_{ps} = msh_s - dsh_s + d_{ps}$ – количество ученических мест для ps -го населенного пункта;

msh_s – мощность школы, обслуживающей j -й населенный пункт;

dsh_s – фактическое число учащихся в школе, обслуживающей ps -й населенный пункт;

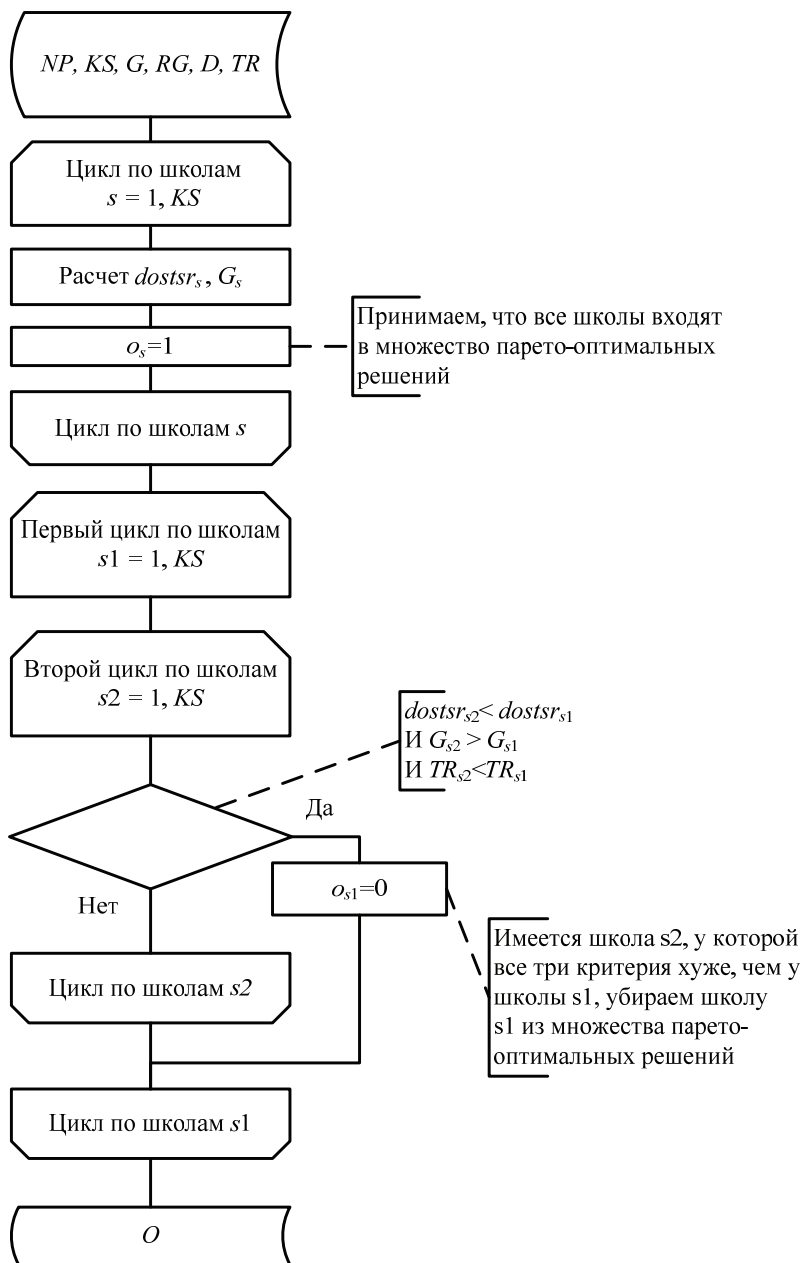


Рис. 4. Схема алгоритма поиска множества парето-оптимальных школ

m – дополнительное время издержек при подвозе детей на школьном автобусе (время ожидания автобуса, дополнительное время в пути при скорости меньше 60 км/ч).

Коэффициент Джини для школы G_s

$$G_s = \frac{\sum_{j \in PS_s} \sum_{m \in PS_s} |dost_j - dost_m|}{2|PS_s|^2 dostsr_s}.$$

Алгоритм решения задачи

Рассмотренная выше задача является многокритериальной и решается в *два этапа*. На *первом* этапе находится парето-оптимальное множество школ. На *втором* – из полученного множества выбирается одна или несколько школ, в зависимости от предпочтений, отдаваемых лицом, принимающим решение, тому или иному критерию.

Число школ и число населенных пунктов в муниципалитете имеют ограниченное значение – порядка десятков. Поэтому задачу поиска парето-оптимального множества школ можно решать последовательным сравнением критериев каждой школы со всеми остальными. Алгоритм заключается в следующем (рис. 4). Рассчитываем для каждой школы нормированную среднюю доступность и модифицированный коэффициент Джини. Принимаем, что все школы входят в множество парето-оптимальных значений. Далее выбираем первую школу ($s_1 = 1$) и сравниваем ее критерии с критериями всех остальными школами (см. рис. 4 – второй цикл по школам). Если есть школа, у которой все три критерия хуже, чем у школы s_1 , то школу s_1 убираем из множества парето-оптимальных школ ($o_{s_1} = 0$). Делаем это сравнение для всех школ (см. рис. 4 – первый цикл по школам).

Для решения задачи на втором этапе будем использовать аддитивную свертку – обобщенный критерий, вычисляемый по формуле

$$KR_o = k_1 do_{s_1} + k_2(1 - G_o) + k_3 TR_o, \quad o \in O, \quad (2)$$

где k_1, k_2, k_3 – весовые коэффициенты, $k_1 + k_2 + k_3 = 1$.

Таким образом, задача поиска школы в парето-оптимальном множестве заключается в следующем. Из множества заданных школ O найти такую школу $o^* \in O$, для которой обобщенный критерий оптимизации будет минимальным

$$KR_{o^*} = \min_{o \in O}(KR_o).$$

Пример расчета

Для решения поставленной выше задачи в среде SMath Solver (российский аналог MathCAD) разработана программа определения парето-оптимального множества решений по критериям оптимизации (1). Исходные данные для удобства работы формируются в электронной таблице MS Excel. Тестирование программы проводилось на школах десяти муниципальных округов Тамбовской области.

В таблице 1 представлены характеристики школ Мучкапского муниципального округа (**МО**), в таблице 2 – результаты расчета критериев (1). Парето-оптимальными не являются школы 1, 6, 9 (МБОУ Мучкапская СОШ, филиалы МБОУ Мучкапской СОШ – Кулябовский и Чащинский), то есть для каждой из этих школ в списке существует хотя бы одна, у которой все три критерия меньше. Это школы с относительно большим числом школьников.

Расчет обобщенного критерия (2) проводился для разных значений весовых коэффициентов (столбцы 6, 7, 8). Как видно из таблицы 2, для всех трех наборов весовых коэффициентов, оптимальной по критерию (2) является школа 4 (Арбеньевский филиал МБОУ Мучкапской СОШ).

Как видно из таблицы 2, кроме школы 4, низкая доступность образования в школах 2, 3, 7 (филиалы МБОУ Мучкапской СОШ – Андреевский, Андриановский, Сергиевский). Это школы с относительно низким числом учеников.

Таблица 1

Характеристики школ Мучкапского МО

Номер школы, s	Школа / филиал МБОУ Мучкапской СОШ	Мощность школы, msh_s	Число учащихся, dsh_s	Число населенных пунктов, $ PS_s $
1	МБОУ Мучкапская СОШ	925	694	2
2	Андреевский	75	20	3
3	Андреиановский	60	36	2
4	Арбеньевский	70	20	3
5	Краснокустовский	135	46	5
6	Кулябовский	135	84	2
7	Сергиевский	120	15	2
8	Троицкий	192	23	5
9	Чащинский	135	84	3
10	Шапкинский	165	96	2

Таблица 2

Результаты расчета критериев (1) и обобщенного критерия (2) для школ Мучкапского МО

Номер школы, s	$dostsh_s$	$1 - G_s$	TR_s	o_s	Обобщенный критерий KR_o		
					$k1=0,333$ $k2=0,333$ $k3=0,333$	$k1=0,5$ $k2=0,5$ $k3=0,0$	$k1=0,4$ $k2=0,4$ $k3=0,2$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,116	0,791	1	0	0,635	0,453	0,563
2	0,191	0,738	0	1	0,309	0,464	0,371
3	0,338	0,767	0	1	0,367	0,552	0,442
4	0,158	0,528	0	1	0,228	0,343	0,274
5	0,215	0,815	0	1	0,343	0,515	0,412
6	0,198	0,713	1	0	0,636	0,456	0,564
7	0,108	0,757	0	1	0,288	0,432	0,346
8	0,390	0,765	0	1	0,383	0,577	0,462
9	0,178	0,764	1	0	0,646	0,471	0,577
10	0,036	0,884	1	1	0,639	0,460	0,568

Заключение

Рассмотрена система школьного образования как организационно-техническая система с фрактальной структурой на федеральном, региональном, муниципальном и местном уровне управления. Предложены три критерия оценки доступности качественного школьного образования:

- нормированная средняя доступность школ;
- модифицированный коэффициент Джини;
- нормированное число учеников, которые учатся в школах, где есть «Точки роста».

Поставлена задача поиска территориального образования с наименьшей доступностью школьного образования: регион; муниципалитет; множество населенных пунктов муниципалитета, закрепленных за одной школой; населенный пункт. Показана, что задача является фрактальной для разных территориальных уровней. Предложен алгоритм решения задачи, состоящий из двух этапов: первый – поиск множества парето-оптимальных решений; второй – выбор одного или нескольких решений по обобщенному критерию, представляющему собой аддитивную свертку трех критериев. Приведен пример поиска школ с наихудшей доступностью образования для Мучкапского МО.

Результаты решения задачи используются для поддержки принятия решения при распределении финансовых ресурсов на разных уровнях управления образованием.

Список литературы

1. Стратегические приоритеты в сфере реализации государственной программы Российской Федерации «Развитие образования» до 2030 года (в ред. Постановления Правительства РФ от 07.10.2021 № 1701). – URL : <https://docs.edu.gov.ru/document/f9321ccd1102ec99c8b7020bd2e9761f/download/4444/> (дата обращения: 18.03.2025).
2. Виноградов, В. Л. Модель оценки резильентности образовательной организации / В. Л. Виноградов, О. В. Шатунова // Вестник педагогических наук. – 2023. – № 5. – С. 222 – 227.
3. Международные сопоставительные исследования / ФГБУ Федеральный институт оценки качества образования. – URL : <https://fioco.ru/ru/osoko/msi> (дата обращения: 18.03.25).
4. Состояние естественнонаучного образования в российской школе по результатам международных исследований TIMSS и PISA / А. Ю. Пентин, Г. С. Ковалева, Е. И. Давыдова, Е. С. Смирнова // Вопросы образования. – 2018. – № 1. – С. 79 – 109. doi: 10.17323/1814-9545-2018-1-79-109
5. Кусаинов, А. К. Пути повышения качества образования / А. К. Кусаинов // Информационно-коммуникационные технологии в педагогическом образовании. – 2019. – № 1(58). – С. 81 – 86.
6. Определение условий повышения качества образования в сельских школах с низкими образовательными результатами / Ф. Ф. Гумерова, Л. А. Амирова, Г. И. Калимуллина [и др.] // Science for Education Today. – 2023. – Т. 13, № 1. – С. 85 – 107. doi: 10.15293/2658-6762.2301.05
7. Белов, М. В. Управление жизненными циклами организационно-технических систем / М. В. Белов, Д. А. Новиков. – М. : Ленанд, 2020. – 384 с.
8. Новиков, А. М. Методология / А. М. Новиков, Д. А. Новиков. – М. : СИНТЕГ. – 668 с.
9. Горелов, И. А. Компьютерные технологии при решении вопросов развития территорий городских муниципальных образований / И. А. Горелов, В. А. Немтинов // Информационное общество. – 2014. – № 1. – С. 49 – 54.
10. Юрова, К. И. Имитационная модель оптимального размещения предприятий сферы обслуживания / К. И. Юрова, Г. В. Судариков // Вестник университета Российской академии образования. – 2016. – № 3. – С. 115 – 119.

11. Kalogirou, S. Spatial Inequality in the Accessibility to Hospitals in Greece / S. Kalogirou // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – 2017. – Vol. XLII-4/W2. – P. 91 – 94.

12. Поташева, О. В. Независимая оценка качества условий в образовании: от регионального инструмента экспертизы к единому порядку мониторинга / О. В. Поташева // E-Management. – 2023. – Т. 6, № 4. – С. 109 – 124. doi: 10.26425/2658-3445-2023-6-4-109-124

13. Пунанцев, А. А. Дифференциация качества общего образования в арктических моногородах в оценке участников образовательных отношений / А. А. Пунанцев // Арктика и инновации. – 2024. – Т. 2, № 1. – С. 65 – 70. doi: 10.21443/3034-1434-2024-2-1-65-70

14. Артемова, О. В. Методика оценки доступности инфраструктуры образования в регионах Российской Федерации / О. В. Артемова, Н. М. Логачева // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. – 2022. – Т. 17, № 1. – С. 27 – 48. doi: 10.17072/1994-9960-2022-1-27-48

15. Пунанцев, А. А. К проблеме доступности качественного общего образования в российской Арктике: оценка условий реализации образовательных программ / А. А. Пунанцев, Д. Г. Левитес // Перспективы науки и образования. – 2022. – № 4(58). – С. 706 – 725. doi: 10.32744/pse.2022.4.41

16. Рачкова, С. А. Теоретико-множественный подход к оценке доступности качественного школьного образования в сельских районах / С. А. Рачкова, В. Г. Мокрозуб, В. В. Алексеев // Системы управления и информационные технологии. – 2024. – № 1(95). – С. 95 – 99.

17. Рачкова, С. А. Автоматизированная поддержка принятия решений при определении сельского района с неблагоприятными условиями школьного образования / С. А. Рачкова, В. Г. Мокрозуб // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2023. – № 1. – С. 55 – 67. doi: 10.17308/sait/1995-5499/2023/1/55-67

A Multiple Theoretical Approach to Solving Problems of the Organizational and Technical System of School Education

S. A. Rachkova, V. G. Mokrozub✉

*Department of Computer-Integrated Systems in Mechanical Engineering,
mokrozubv@yandex.ru; TSTU, Tambov, Russia*

Keywords: accessibility of school education; multi-criteria problem; organizational and technical system; Pareto-optimal solution.

Abstract: The school education system is presented as a spatially distributed organizational and technical system with a fractal structure. A multi-criteria problem of finding a region, municipality or school with the least accessibility of quality school education is set, solved at the federal, municipal or local level. An algorithm for solving the problem and an example of calculation for the Muchkapsky municipal district of the Tambov region are proposed.

References

1. Available at: <https://docs.edu.gov.ru/document/f9321ccd1102ec99c8b7020bd2e9761f/download/4444/> (accessed 18 March 2025).

2. Vinogradov V.L., Shatunova O.V. [Model for assessing the resilience of an educational organization], *Vestnik pedagogicheskikh nauk* [Bulletin of Pedagogical Sciences], 2023, no. 5, pp. 222-227. (In Russ., abstract in Eng.)
3. Available at: <https://fioco.ru/ru/osoko/msi> (accessed 18 March 25).
4. Pentin A.Yu., Kovaleva G.S., Davydova Ye.I., Smirnova Ye.S. [The state of natural science education in Russian schools based on the results of international studies TIMSS and PISA], *Voprosy obrazovaniya* [Issues of Education], 2018, no. 1, pp. 79-109. doi: 10.17323/1814-9545-2018-1-79-109 (In Russ., abstract in Eng.)
5. Kusainov A.K. [Ways to improve the quality of education], *Informatsionno-kommunikatsionnyye tekhnologii v pedagogicheskom obrazovanii* [Information and communication technologies in pedagogical education], 2019, no. 1(58), pp. 81-86. (In Russ., abstract in Eng.)
6. Gumerova F.F., Amirova L.A., Kalimullina G.I. [et al.], [Determining the conditions for improving the quality of education in rural schools with low educational results], *Science for Education Today*, 2023, vol. 13, no. 1, pp. 85-107. doi: 10.15293/2658-6762.2301.05 (In Russ., abstract in Eng.)
7. Belov M.V., Novikov D.A. *Upravleniye zhiznennymi tsiklami organizatsionno-tekhnicheskikh sistem* [Life Cycle Management of Organizational and Technical Systems], Moscow: Lenand, 2020, 384 p. (In Russ.)
8. Novikov A.M., Novikov D.A. *Metodologiya* [Methodology], Moscow: SINTEG, 668 p. (In Russ.)
9. Gorelov I.A., Nemtinov V.A. [Computer Technologies in Addressing Development Issues of Territories of Urban Municipalities], *Informatsionnoye obshchestvo* [Information Society], 2014, no. 1, pp. 49-54. (In Russ., abstract in Eng.)
10. Yurova K.I., Sudarikov G.V. [Simulation model of optimal placement of service enterprises], *Vestnik universiteta Rossiyskoy akademii obrazovaniya* [Bulletin of the University of the Russian Academy of Education], 2016, no. 3, pp. 115-119. (In Russ., abstract in Eng.)
11. Kalogirou S. Spatial Inequality in the Accessibility to Hospitals in Greece, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2017, vol. XLII-4/W2, pp. 91-94.
12. Potasheva O.V. [Independent assessment of the quality of conditions in education: from a regional examination tool to a single monitoring procedure], *E-Management*, 2023, vol. 6, no. 4, pp. 109-124. doi: 10.26425/2658-3445-2023-6-4-109-124 (In Russ., abstract in Eng.)
13. Punantsev A.A. [Differentiation of the quality of general education in Arctic single-industry towns in the assessment of participants in educational relations], *Arktika i innovatsii* [Arctic and Innovations], 2024, vol. 2, no. 1, pp. 65-70. doi: 10.21443/3034-1434-2024-2-1-65-70 (In Russ., abstract in Eng.)
14. Artemova O.V., Logacheva N.M. [Methodology for assessing the availability of educational infrastructure in the regions of the Russian Federation], *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Ekonomika* [Bulletin of Perm University. Series: Economy], 2022, vol. 17, no. 1, pp. 27-48. doi: 10.17072/1994-9960-2022-1-27-48 (In Russ., abstract in Eng.)
15. Punantsev A.A., Levites D.G. [On the problem of accessibility of high-quality general education in the Russian Arctic: assessment of the conditions for the implementation of educational programs], *Perspektivy nauki i obrazovaniya* [Prospects of Science and Education], 2022, no. 4(58), pp. 706-725. doi: 10.32744/pse.2022.4.41 (In Russ., abstract in Eng.)
16. Rachkova S.A., Mokrozub V.G., Alekseyev V.V. [Set-theoretical approach to assessing the availability of quality school education in rural areas], *Sistemy upravleniya*

i informatsionnyye tekhnologii [Control systems and information technologies], 2024, no. 1(95), pp. 95-99. (In Russ., abstract in Eng.)

17. Rachkova S.A., Mokrozub V.G. [Automated support for decision-making in determining a rural area with unfavorable conditions for school education], *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Sistemnyy analiz i informatsionnyye tekhnologii* [Bulletin of the Voronezh State University. Series: Systems analysis and information technology], 2023, no. 1, pp. 55-67. doi: 10.17308/sait/1995-5499/2023/1/55-67 (In Russ., abstract in Eng.)

Theoretisch-multipler Ansatz zur Lösung von Problemen des organisatorischen und technischen Systems der Schulbildung

Zusammenfassung: Das Schulbildungssystem ist als ein räumlich verteiltes organisatorisches und technisches System mit fraktaler Struktur dargestellt. Es ist das multikriterielle Problem der Suche nach einer Region, Gemeinde oder Schule mit dem geringsten Angebot an qualitativ hochwertiger Schulbildung gestellt, das auf föderaler, kommunaler oder lokaler Ebene gelöst wird. Es sind ein Algorithmus zur Lösung des Problems und ein Berechnungsbeispiel für den Muchkapsky-Gemeindebezirk der Region Tambow vorgeschlagen.

Approche théorique et multiple pour la résolution des problèmes du système organisationnel et technique de l'éducation scolaire

Résumé: Le système scolaire est présenté comme un système organisationnel et technique distribué dans l'espace avec une structure fractale. L'objectif est de trouver une région, une municipalité ou une école ayant le moins d'accès à une éducation de qualité, au niveau fédéral, municipal ou local. Sont proposés un algorithme de résolution de problème et un exemple de calcul pour le district municipal de Muchkap de la région de Tambov.

Авторы: *Рачкова Светлана Анатольевна* – аспирант кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении»; *Мокрозуб Владимир Григорьевич* – доктор технических наук, профессор кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении», ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Россия.