

УДК 69.05

**Чередниченко Надежда Дмитриевна**  
ФГБОУ ВПО Ростовский государственный строительный университет  
Россия, Ростов-на-Дону<sup>1</sup>  
Ассистент кафедры «Городское строительство и хозяйство»  
E-Mail: [Nadin-Che@yandex.ru](mailto:Nadin-Che@yandex.ru)

## Исследование эвристических правил распределения ресурсов

**Аннотация:** Для решения задач распределения ресурсов применяются в общем случае эвристические алгоритмы. Применение данных правил в различных случаях может привести к различным решениям. Установлено, что ресурсное планирование целесообразно осуществлять с использованием эвристических механизмов, позволяющих логически, путём рассмотрения вариантов графиков реализации строительных проектов обосновать их продолжительность с учётом имеющихся ограничений на ресурсы типа мощности.

Из современных исследований известно, что распределение ресурсов можно осуществлять по трем основным эвристическим правилам: по степени критичности работ, по минимальной продолжительности работ, по минимальному позднему сроку окончания. Причем в статье показано, что данные правила могут быть применены при условии, когда количество ресурса типа мощность меньше числа работ по которым оно должно быть распределено.

В статье приведена общая постановка задачи распределения ресурсов типа мощности, и отмечается, что эта задача является типичной задачей комбинаторного программирования. В общей постановке она может быть решена одним из известных методов решения целочисленных задач, например, методом ветвей и границ.

Показано, что дополнение алгоритма метода ветвей и границ эвристическим правилом по возрастанию первых разностей работ будет способствовать увеличению скорости сходимости данного алгоритма.

**Ключевые слова:** Ресурсы типа мощности; задачей комбинаторного программирования; метод ветвей и границ; эвристические правила; эффективность; первые разности; технологический граф; агрегирование; правило Данцига; задача о «ранце»; А-сеть; R-сеть.

Идентификационный номер статьи в журнале 81TVN114

---

<sup>1</sup> 344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

**Nadezda Cherednichenko**  
Rostov State University of Civil Engineering  
Russia, Rostov  
E-Mail: [Nadin-Che@yandex.ru](mailto:Nadin-Che@yandex.ru)

## Research of heuristic rules of distribution of resources

**Abstract:** Heuristic algorithms are applied to the solution of problems of distribution of resources generally. Application of these rules in various cases can lead to various decisions. It is established that it is expedient to carry out resource planning with use of the heuristic mechanisms allowing logically, by consideration of versions of schedules of implementation of construction projects to prove their duration taking into account available restrictions on capacity resources.

From modern researches it is known that distribution of resources can be carried out according to three basic heuristic rules: on degree of criticality of works, on the minimum duration of works, on the minimum late completion date. And in article it is shown that these rules can be applied under a condition when the quantity of a power resource is less than number of works on which it has to be distributed.

The general problem definition of distribution of capacity resources is given in article, and it is noted that this task is a typical problem of combinatory programming. In the general statement it can be solved by one of known methods of the solution of integer tasks, for example, a method of branches and borders.

It is shown that addition of algorithm of a method of branches and borders the heuristic rule on increase of the first differences of works will promote increase in speed of convergence of this algorithm.

**Keywords:** Capacity resources; a problem of combinatory programming; a method of branches and borders; heuristic rules; the efficiency; the first differences; the technological count; aggregation; the rule of Danzig; a task about "satchel"; the A-network; a R-network.

Identification number of article 81TVN114

Процедура ресурсного планирования представляет собой некое правило, согласно которому осуществляется распределение ресурсов в принятой организационной схеме управления проектом. Как показал анализ задач управления ресурсным обеспечением проекта, наиболее применимыми являются эвристические походы к формированию календарного плана. Рассмотрим наиболее общие правила, позволяющие сформировать данные принципы.

В процессе реализации проектов возникает задача использования имеющихся ресурсов с максимальной эффективностью.

Традиционные методы распределения ресурсов исходят из интуитивного предположения о том, что время выполнения работ является линейной функцией количества назначенных для ее выполнения ресурсов типа мощности, то есть увеличение количества ресурсов на какой-либо работе в  $n$  раз приводит к уменьшению времени выполнения такой работы также в  $n$  раз. К сожалению, такая зависимость имеет место далеко не всегда и только при определенных предположениях.

Общеизвестно, что сокращение времени выполнения работ возможно только за счет увеличения ресурсов типа мощности, назначаемых для выполнения данных работ или же за счет проведения определенных организационно-технологических мероприятий повышающих общую производительность труда. Если же рассматривать строительное предприятие в период стабильного существования, когда на предприятии не происходит внедрение инновационных проектов, то есть не происходит коренных изменений в технологическом укладе предприятия, то следует признать, что единственным путем существенного сокращения сроков выполнения работ является ресурсный подход, связанный с увеличением числа используемых при выполнении работ ресурсов типа мощности. Вполне понятно, что существуют естественные пределы увеличения ресурсного обеспечения работ проекта связанные с условиями безопасного проведения работ на строительной площадке, а также с организационными трудностями обеспечения такого увеличения. Наконец, наступает такой момент, когда используемых на строительной площадке техника и рабочие кадры, начинают просто мешать друг другу и интенсивность выполнения работ падает, а вместе с ней и сокращение продолжительности выполняемой работы замедляется. Например, на объекте работает комплексная бригада, имеющая необходимое техническое оснащение. Для сокращения продолжительности выполнения работ на объект можно поставить вторую бригаду, то есть назначить вторую единицу комплексного ресурсов. В этом случае потребуются дополнительные меры по организации выполнения работ двумя бригадами, например, согласование маршрутов движения и зон действия строительной техники, схемы движения транспорта и т.п. При этом продолжительность выполнения работ уменьшится примерно в два раза (вообще-то уменьшение продолжительности на монтажных работах будет составлять от 1,8 до 1,95), если вторая бригада будет точно такая же по численному и квалификационному составу. Но на практике, как правило, такая бригада имеет численность рабочих не равную первой и несопадающий квалификационный состав и таким образом, отличие от линейного закона будет еще более существенным.

Все данные факторы и обстоятельства можно обобщить в виде следующих двух утверждений:

**Утверждение 1.** В производственных системах при отсутствии синергетического эффекта, функциональная зависимость продолжительности выполнения работы от количества используемых ресурсов типа мощности является выпуклой. В этом случае, увеличение количества ресурсов в  $n$  раз приводит к сокращению продолжительности выполнения также в  $n$  раз.

Доказательство следует из определения выпуклости функции. Известно, что функция  $f(x)$ , определенная на некотором интервале, для любых двух точек  $x_1$  и  $x_2$  которого выполняется условие

$$f\left(\frac{x_1 + x_2}{2}\right) \leq \frac{f(x_1) + f(x_2)}{2},$$

называется выпуклой.

Геометрически это означает, что середина любой хорды графика функции  $f(x)$  лежит либо над графиком, либо на нем.

**Утверждение 2.** В производственных системах, функциональная зависимость времени выполнения работы от числа используемых ресурсов типа мощности является вогнутой, когда первые разности возрастают по мере увеличения количества распределяемого ресурса и выпуклый характер – когда убывают.

**Следствие.** Если изменение первых разностей носит произвольный характер при увеличении количества ресурса, тогда функциональная зависимость времени выполнения работы от количества используемых ресурсов типа мощности является выпукло-вогнутой.

Рассмотрим формальную постановку задачи. Пусть имеется  $n$  объектов и  $m$  единиц однотипного комплексного ресурса. Необходимо распределить имеющиеся ресурсы по этим объектам. Считается, что зависимость времени выполнения работ от количества назначаемого ресурса известна и, как правило, задается в табличном виде, поэтому обозначим продолжительность выполнения работ при назначении на  $i$ -й объект ресурса в количестве  $j$  через  $\delta_{ij}$ . Введем независимую двоичную переменную  $x_{ij}$ , принимающую значение равное 1 в том случае, если на  $i$ -й объект назначен ресурс в количестве  $j$  и ноль в противном случае. В этом случае задача заключается в формировании ресурсного обеспечения, обеспечивающего минимальное время выполнения работ на всем комплексе объектов. В качестве целевой функции принимается суммарная продолжительность всех работ, стремящаяся к минимуму. Тогда задача принимает вид

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \delta_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \quad (1)$$

при ограничениях

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m j \cdot x_{ij} \leq M, \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \geq 1, \quad i = \overline{1, n}; \quad (3)$$

$$x_{ij} - \text{двоичные переменные}; \quad (4)$$

где  $M$  – имеющееся количество ресурсов типа мощности.

В данном случае ограничение (2) характеризует ограниченность распределяемого ресурса и носит название ограничения «бюджетного» вида; ограничение вида (3) соответствует требованию назначения на каждый объект хотя бы по одной единице ресурса (данное ограничение может и отсутствовать).

Вполне понятно, что ограничение (3) имеет смысл только для случая, когда выполняется условие  $M > n$ , то есть количество ресурса типа мощность превышает число объектов по

которым оно должно быть распределено. Отметим, что вариант, когда  $M < n$ , исследовался в работах А.М. Потапенко [5, 6].

Задача вида (1) – (2) является типичной задачей комбинаторного программирования и в общей постановке может быть решена одним из известных методов решения целочисленных задач, например, методом ветвей и границ.

Воспользуемся для решения этой задачи методом ветвей и границ.

Применение метода предполагает осуществление предварительного шага, на котором осуществляется формирование начального приближения. Основные рекомендации при этом [3] сводятся к тому, чтобы в этом случае взять любое решение исходной задачи, удовлетворяющее заданным ограничениям. Вычисляем значение целевой функции задачи. Дальнейший ход вычислений предполагает реализацию следующей последовательности действий [3]:

**1 шаг.** Выполняется проверка списка сформированных вспомогательных задач линейного программирования. Если он пуст, то это означает, что найдено решение поставленной задачи. Если нет, то необходимо выбрать задачу линейного программирования из этого списка для последующего решения и перейти ко второму шагу.

**2 шаг.** Необходимо решить задачу (1) – (2) без учета ограничений на целочисленность переменных, которая будет представлять стандартную задачу линейного программирования. Если задача не имеет решения или полученное решение будет улучшать предыдущее, тогда необходимо сохранить полученное решение и перейти к первому шагу; если же такого состояния достичь не удалось, то необходимо перейти к третьему шагу.

**3 шаг.** В том случае, когда полученное решение будет удовлетворять требования целочисленности, тогда необходимо запомнить данное решение и перейти к первому шагу. В противном случае необходимо перейти к четвертому шагу.

**4 шаг.** Выбирается переменная, для которой нарушается условие целочисленности. Поместить в список вспомогательных задач линейного программирования две задачи: первая задача – выбранная переменная имеет значение ноль и вторая задача – единица. После чего вернуться к первому шагу.

Анализируя приведенный алгоритм, находим два момента, позволяющие влиять на его скорость сходимости. Первое – выбор вспомогательной задачи линейного программирования из списка и второе – выбор переменной, по которой будут формироваться вспомогательные задачи линейного программирования, включаемые в список для дальнейшего решения. Понятно, что насколько удачно будет сформулирован механизм выбора, настолько и увеличится скорость сходимости рассматриваемой процедуры. Если выбор выполнять с использованием эвристического правила, сформулированного ниже, то решение может быть получено за меньшее число шагов.

В том случае, когда для получения решения применяется общепринятое правило ветвления [3]: на каждом этапе для ветвления использовать тот узел сети, у которого верхнее число минимально, то для достижения решения может понадобиться достаточно большое число шагов. Если же использовать эвристическое, то число итераций можно сократить.

Достаточно часто, если удастся сформулировать эвристическое правило, можно получить решение если не в точности оптимальное, то, по крайней мере, достаточно близкое к оптимальному, затрачивая гораздо меньше усилий на получение такого решения. В данном случае получение такого эвристического правила возможно.

**Эвристическое правило:** рассматривая вариант распределения ресурса по объектам необходимо выбирать наиболее выгодный вариант используя данные о первых разностях, то есть, выбирая варианты с максимальными значениями первых разностей.

**Утверждение 3.** Распределение ресурсов по возрастанию первых разностей дает оптимальное решение задачи (1) – (3).

В общем случае процесс распределения ресурсов представляет собой многокритериальную задачу, когда приходится учитывать сразу несколько факторов, характеризующих набор проектов, подлежащих выполнению и распределение ресурсов осуществлять с учетом всего комплекса критериев.

Для решения задачи распределения ресурсов при нескольких критериях оценки качества распределения возможно применение методов многокритериальной оптимизации. Данные методы основаны на применении векторного критерия качества распределения ресурсов (*многокритериальные задачи*), когда критерий эффективности, выраженный через показатели исходов операции, заменяют скалярным на основе какой-либо функции свертки.

Таким образом, возникла необходимость построения функции приоритетов  $\eta_i(s_i)$  на основе исходных данных о характеристиках проектов, принятых для реализации и учитывающих особенности поставленной задачи, такой алгоритм был предложен в [12].

Основным достоинством предлагаемого в [12] алгоритма является его простота и вычислительная устойчивость, но к недостаткам следует отнести резкое возрастание сложности составления матрицы результатов экспертного сравнения при росте числа проектов, принятых к реализации. Устранение этого недостатка предполагает решение поставленной задачи в два этапа: на первом этапе производится группировка проектов по некому существенному признаку; на втором этапе решается задач распределения ресурса между группами, а затем внутри каждой из групп.

Работы, выполняемые строительной организацией, как правило, имеют технологическую взаимосвязь, то есть далеко не всегда выбор работы, подлежащей выполнению будет определяться только представлениями менеджера о значимости данной работе в общей производственной программе предприятия. Зачастую последовательность, в которой должны выполняться работы задается особенностями технологией возведения конкретного объекта и, следовательно, на этапе распределения ресурсов такая зависимость должна быть учтена. Это обстоятельство накладывает дополнительные ограничения при формальном описании оптимизационных задач. Такого рода технологические ограничения, следуя [3], будем называть аналитическим. Причем математическая формализация таких ограничений традиционно вызывает затруднения. В настоящее время наиболее подходящим инструментом такой формализации является теория графов, позволяющая отобразить в графической форме технологические последовательности выполняемых работ. Такой граф получил название технологического [3].

К сожалению, в этом случае не учитываются ограничения, накладываемые на величину используемых ресурсов, которые, следуя терминологии, принятой в [3], будем называть ресурсными. Следовательно, возникает задача одновременного учета ограничений ресурсного и логического типов, то есть ограничений имеющих различную природу и описываемых различными инструментами.

Для этой цели в [3] предлагается применение двойной сетевой модели, требующей построения двух типов графов: *A*-сеть – граф, задающий технологическую последовательность выполнения работ, то есть граф, учитывающий ограничения логического типа и *R*-сеть – граф перемещения ресурсов, то есть граф, учитывающий ограничения ресурсного типа [2]. Но остается проблема увязки этих двух графов.

В этой связи имеет смысл рассмотреть проблему распределения ресурса по работам произвольного технологического графа комплексно, то есть с учетом ресурсных ограничений.

Для этой цели рассмотрим способ объединения  $A$ -сети и  $R$ -сети в единую, объединенную,  $AR$ -сеть. Это достигается следующим образом:

В качестве исходной используем  $A$ -сеть. Как правило, каждая работа в такой сети характеризуется временными параметрами, то есть продолжительностью выполнения. Известно, что продолжительность выполнения работы связана с количеством ресурса, направленного на ее выполнение. Поэтому алгоритм предполагается следующий: считаем, что каждая работа технологического графа может быть выполнена при различном ресурсном обеспечении, причем величина ресурса носит дискретный характер.

**Утверждение 4.** Технологический граф для строительного проекта является агрегируемым, то есть его можно представить в виде цепи параллельно и последовательно выполняемых работ.

Доказательство утверждения можно осуществить методом от противного, то есть пусть анализируемый граф не является агрегируемым. Это будет означать, что невозможно все работы графа представить в виде одной работы, которую можно назвать как выполнение проекта. Понятно, что это не так. Следовательно, исходная предпосылка неверна.

Пусть имеется технологический агрегируемый граф. (В том случае, если граф не является агрегируемым, его можно привести к этому виду с помощью алгоритма, приведенного в литературе [8, 10, 11]).

**1 шаг.** Предполагаем, что все работы выполняются одной единицей ресурса. Определяем в этом случае временные параметры технологического графа.

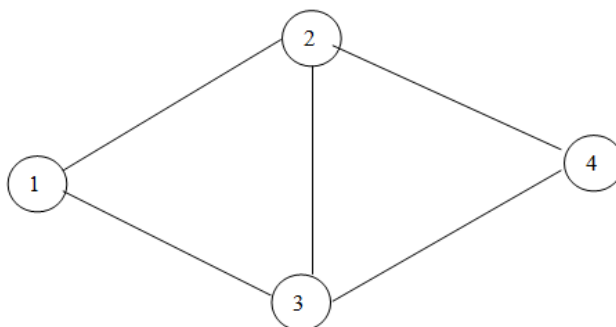
**2 шаг.** Выделяем группы работ имеющих общий ресурс.

**3 шаг.** Распределяем ресурсы по каждой группе работ по следующему правилу: если работы выполняются последовательно, то весь ресурс направляется на эти работы; если работы должны выполняться параллельно, то распределение ресурса осуществляется по возрастанию первых разностей.

Если же рассматривается сложный технологический граф произвольной структуры, который содержит элементы неприводимые к агрегированному виду типа, приведенного на рис. 1, то возможно воспользоваться алгоритмом, позволяющим неприводимую сеть привести к виду, допускающему агрегирование. Причем, как показано в исследованиях С.А. Баркалова и В.Н. Буркова [3], свойства преобразованной сети будут аналогичны исходной, неприводимой сети. При этом применяется следующий алгоритм преобразования исходной сети [1]:

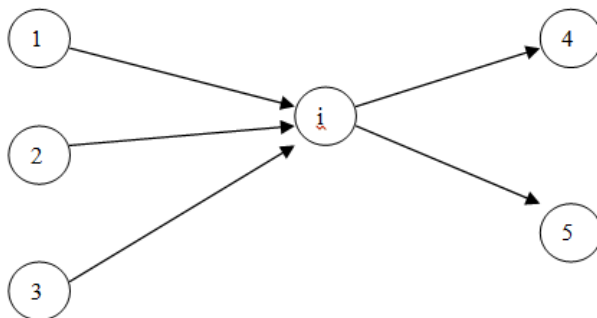
**1 шаг.** Определяем все последовательные множества дуг и заменяем их одной дугой.

**2 шаг.** Определяем все параллельные множества дуг и заменяем их одной дугой.



**Рис. 1.** Исходный граф, подлежащий агрегированию

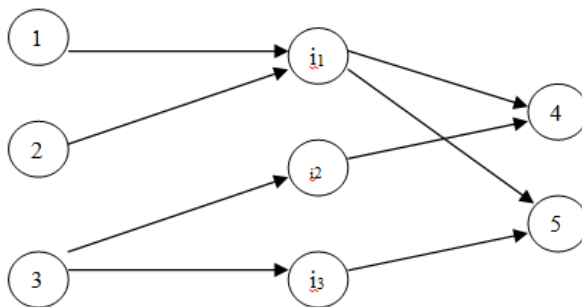
**3 шаг.** Берём произвольную вершину (исключая вход и выход) рис. 2.



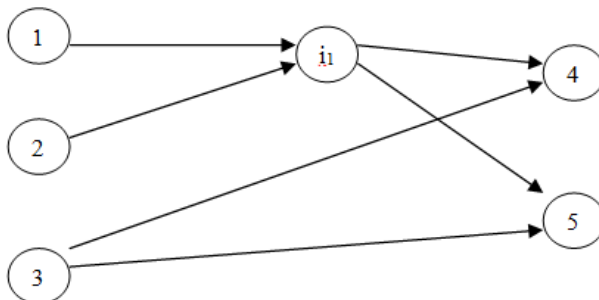
**Рис. 2.** Произвольная вершина

Заменяем эту вершину на три вершины (рис. 3).

Мы получили два последовательных множества дуг. Агрегируя их, получаем сеть рис. 4.



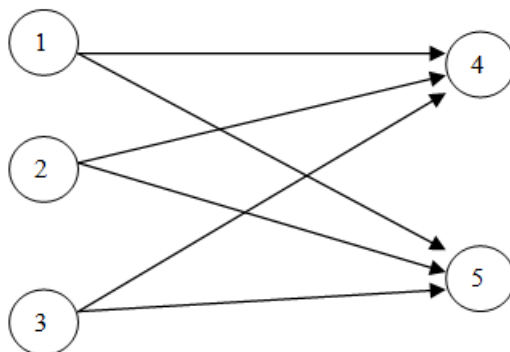
**Рис. 3.** Расщепление вершины



**Рис. 4.** Промежуточное агрегирование

Действуя аналогично, мы приходим к сети, изображенной на рис. 5, не содержащей вершины  $i$ . Далее процедура повторяется для любой другой вершины, кроме входа и выхода.

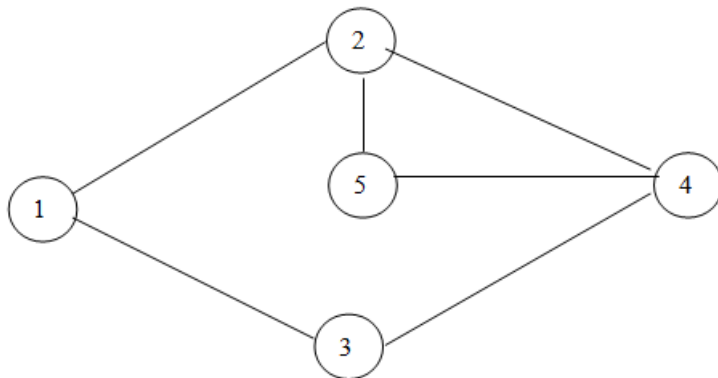




**Рис. 5.** Итоговая трансформация фрагмента сети

Результаты, полученные в работе [3], доказывают эквивалентность проведенных преобразований, что означает соответствие свойств исходной и преобразованной сетей и, таким образом, каждому пути в исходной сети будет соответствовать некоторый путь в преобразованной сети.

Применяя алгоритм приведения исходного графа, изображенного на рис. 1 к агрегированному виду получаем следующий граф



**Рис. 6.** Агрегированный граф

Данный граф уже будет агрегируемым, то есть его можно представить в виде комбинации последовательных и параллельно соединенных участков.

Достаточно часто распределение ресурсов осуществляется на основе принципа максимальной эффективности использования распределяемых ресурсов. В этом случае распределение осуществляется согласно убыванию эффективности, то есть имеет место правило, аналогичное правилу Данцига при решении известной задачи о «ранце». Таким образом, для того, чтобы воспользоваться данным эвристическим правилом необходимо знать эффект от каждого варианта распределения ресурсов и связанные с этим вариантом затраты. Основная трудность в данном случае возникает при определении эффекта, получаемого от каждого варианта распределения ресурсов, так как затраты в данном случае представляют собой размер распределенного ресурса.

Для преодоления данной трудности предлагается алгоритм построения комплексной оценки для различных вариантов распределения ресурса типа мощности. Предлагается в качестве эффекта, характеризующего вариант распределения ресурса использовать данную комплексную оценку. В этом случае возникает задача выбора пути максимальной эффективности по заданному графу.

Пусть задана сеть, в которой для каждой дуги  $(i; j)$  определены два числа  $\delta_{ij}$  – эффект достигаемый при применении ресурса в количестве  $m_k \leq M_k$  на объекте  $i$  и  $m_k$  – количество

ресурса, направленного на объект  $i$ ;  $M_k$  - общее количество распределяемого ресурса. Эффективность использования ресурса на операции  $(i, j)$  будет определяться соотношением

$$\mathcal{E}_{ij} = \frac{\delta_{ij}}{M_k}.$$

Каждый путь в такой сети будет характеризоваться суммарной эффективностью дуг входящих в него, то есть эффективность произвольного пути  $l$  можно охарактеризовать выражением

$$\mathcal{E}(l) = \sum_{(i,j) \in l} \frac{\delta_{ij}}{M_k}.$$

Необходимо найти путь максимальной эффективности, то есть целевая функция имеет вид

$$\mathcal{E}^*(l^*) = \sum_{(i,j) \in l} \frac{\delta_{ij}}{M_k} \rightarrow \max$$

Если решение  $\mathcal{E}^* = \mathcal{E}(l^*)$  этой задачи известно, то по определению эффективности должно выполняться следующее соотношение:

$$\delta(l) - \mathcal{E}^*(l^*) \cdot M(l) \leq 0. \quad (5)$$

Таким образом, мы приходим к необходимости поиска пути, имеющего минимальное значение эффективности для которого будет выполняться соотношение (5), то есть следует найти минимальное значение эффективности, при котором все пути в сети имеют неположительную длину (неравенство (5) должно выполняться, в том числе, и для пути максимальной длины). При этом длина пути в рассматриваемой сети будет определяться из соотношения

$$l_{ij}(\mathcal{E}^*) = \delta_{ij} - \mathcal{E}^* M_{ij}$$

Данная задача может быть решена с использованием следующего алгоритма [4].

**Шаг 1.** Положим  $\mathcal{E}^* = 0$ . Находим путь  $l_1$  максимальной длины. Положим  $\mathcal{E}_1 = \delta(l_1)/M(l_1)$  (заметим, что при  $\mathcal{E} = \mathcal{E}_1$  длина пути  $l(\mathcal{E}_1)$  равна нулю).

**Шаг 2.** Находим максимальный путь  $l_2$  при  $\mathcal{E} = \mathcal{E}_1$ . Если длина пути  $l_2$ , которую мы обозначим  $L(\mathcal{E}_1)$ , равна нулю, то задача решена. Если  $L(\mathcal{E}_1) > 0$ , то вычисляем  $\mathcal{E}_2 = \delta(l_2)/M(l_2)$  и находим максимальный путь  $l_2$  при  $\mathcal{E} = \mathcal{E}_2$  и т.д.

В общем случае, правило распределения ресурсов по возрастанию эффективности является обобщением, полученного ранее правила распределения ресурсов по возрастанию первых разностей, на случай произвольного ресурса, имеющего непрерывный характер (например, финансовые ресурсы).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алферов, В.И. Механизм агрегирования последовательных и параллельных моделей на сетевые графики // В.И. Алферов, П.Н. Курочка // Известия ТГУ. Серия: Математика, механика, информатика. 2009, № 13, с. 222.
2. Баркалов, С.А. Теория и практика календарного планирования в строительстве / С.А. Баркалов // Воронеж, ВГАСА, 1999. – 216 с.
3. Баркалов, С.А. Системный анализ и его приложения / С.А. Баркалов, В.Н. Бурков, П.Н. Курочка, В.И. Новосельцев. – Воронеж: Научная книга, 2008. – 439 с.
4. Казакова, Е.А. Автоматизированное построение матричных процедур комплексного оценивания на основе оптимизационного подхода / Е.А. Казакова, П.Н. Курочка, А.И. Половинкина // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т. 6. № 10. С. 140-146.
5. Курочка, П.Н. Определение оптимального варианта производства работ при выпуклой функции затрат. // П.Н. Курочка, А.И. Половинкин, А.М. Потапенко // Системы управления и информационные технологии. 2004, № 5 (17), с. 23-26.
6. Курочка, П.Н. Критичность в сетях с нечеткими продолжительностями операций. // П.Н. Курочка, А.М. Потапенко, И.В. Фёдорова // Системы управления и информационные технологии. 2005. № 4 (21). С. 43-45.
7. Курочка, П.Н. Алгоритм получения робастных расписаний частного порядка. / П.Н. Курочка, А.А. Новиков, О.Н. Толстикова // Вестник ВГТУ, Том 3, № 7, 2007 г. – с. 18 – 23.
8. Курочка, П.Н. Разработка механизмов комплексной оценки надежности обеспечения ресурсами в строительстве. // П.Н. Курочка, А.Ю. Пинигин, В.Н. Шипилов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2009. Т. 5. № 4. С. 168-171.
9. Курочка, П.Н. Выбор вариантов выполнения работ по содержанию объектов недвижимости. / П.Н. Курочка, Г.Г. Сеферов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. Т. 7. № 4. С. 203-208.
10. Курочка, П.Н. Модель определения надежности при нечетких сведениях о степени надежности // П.Н. Курочка, А.Л. Маилян // Системы управления и информационные технологии. 2012. Т. 49. № 3.1. С. 192-197.
11. Курочка, П.Н. Оценка надежности элементов организационной системы // П.Н. Курочка, С.В. Молозин, В.Г. Тельных // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т. 6. № 7. С. 27-30.
12. Чередниченко, Н.Д. Модели распределения ресурсов в строительном проекте / П.Н. Курочка, А.Н. Симоненко, Н.Д. Чередниченко // Технология и организация строительного производства. – Москва: АНО "Международный центр по развитию и внедрению механизмов саморегулирования", 2013. №4(5). – 46 – 48 с.

**Рецензент:** Курочка Павел Николаевич, профессор кафедры «Управление строительством» ФГБОУВПО «ВГАСУ», профессор, д.т.н.; ФГБОУВПО «Воронежский государственный архитектурно-строительный университет».

## REFERENCES

1. Alferov, V.I. Mehanizm agregirovaniya posledovatel'nyh i parallel'nyh modelej na setevye grafiki // V.I. Alferov, P.N. Kurochka // *Izvestija TGU. Serija: Matematika, mehanika, informatika*. 2009, № 13, s. 222.
2. Barkalov, S.A. Teorija i praktika kalendarnogo planirovaniya v stroitel'stve / S.A. Barkalov // *Voronezh, VGASA*, 1999. – 216 s.
3. Barkalov, S.A. Sistemnyj analiz i ego prilozhenija / S.A. Barkalov, V.N. Burkov, P.N. Kurochka, V.I. Novosel'cev. – *Voronezh: Nauchnaja kniga*, 2008. – 439 s.
4. Kazakova, E.A. Avtomatizirovanoe postroenie matrichnyh procedur kompleksnogo ocenivaniya na osnove optimizacionnogo podhoda / E.A. Kazakova, P.N. Kurochka, A.I. Polovinkina // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*. 2010. T. 6. № 10. S. 140-146.
5. Kurochka, P.N. Opredelenie optimal'nogo varianta proizvodstva rabot pri vypukloj funkcii zatrat. // P.N. Kurochka, A.I. Polovinikin, A.M. Potapenko // *Sistemy upravlenija i informacionnye tehnologii*. 2004, № 5 (17), s. 23-26.
6. Kurochka, P.N. Kritičnost' v setjah s nechetkimi prodolzhitel'nostjami operacij. // P.N. Kurochka, A.M. Potapenko, I.V. Fjodorova // *Sistemy upravlenija i informacionnye tehnologii*. 2005. № 4 (21). S. 43-45.
7. Kurochka, P.N. Algoritm poluchenija robastnyh raspisanij chastnogo porjadka. / P.N. Kurochka, A.A. Novikov, O.N. Tolstikova // *Vestnik VGTU, Tom 3, № 7*, 2007 g. – s. 18 – 23.
8. Kurochka, P.N. Razrabotka mehanizmov kompleksnoj ocenki nadezhnosti obespečenija resursami v stroitel'stve. // P.N. Kurochka, A.Ju. Pinigin, V.N. Shipilov // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*. 2009. T. 5. № 4. S. 168-171.
9. Kurochka, P.N. Vybor variantov vypolnenija rabot po sodержaniju ob#ektov nedvizhimosti. / P.N. Kurochka, G.G. Seferov // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*. 2011. T. 7. № 4. S. 203-208.
10. Kurochka, P.N. Model' opredelenija nadezhnosti pri nechetkih svedenijah o stepeni nadezhnosti // P.N. Kurochka, A.L. Mailjan // *Sistemy upravlenija i informacionnye tehnologii*. 2012. T. 49. № 3.1. S. 192-197.
11. Kurochka, P.N. Ocenka nadezhnosti jelementov organizacionnoj sistemy // P.N. Kurochka, S.V. Molozin, V.G. Tel'nyh // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*. 2010. T. 6. № 7. S. 27-30.
12. Cherednichenko, N.D. Modeli raspredelenija resursov v stroitel'nom proekte / P.N. Kurochka, A.N. Simonenko, N.D. Cherednichenko // *Tehnologija i organizacija stroitel'nogo proizvodstva*. – Moskva: ANO "Mezhdunarodnyj centr po razvitiju i vnedreniju mehanizmov samoregulirovaniya", 2013. №4(5). – 46 – 48 s.