

Copyright © 2017 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.



Published in the Slovak Republic  
Russian Journal of Mathematical Research. Series A  
Has been issued since 2015.

ISSN: 2410-9320

E-ISSN: 2413-7529

2017, 3(1): 15-28

DOI: 10.13187/rjmr.a.2017.1.15

[www.ejournal30.com](http://www.ejournal30.com)

## Simplified Algorithm for Formation the Maximum Flow on the Network

Viktor I. Samarin <sup>a, \*</sup><sup>a</sup> Sochi state university, Russian Federation

### Abstract

The most widespread algorithms for formation the maximum flow on the network are given. The algorithm for this task solution that provides the greater visibility and transparency of the initial network digraph transformation due to its stepwise simplification is offered. There are investigated the cases when at the last step of the algorithm it is necessary to use fictitious throughputs of the digraph arcs in the direction opposite to the main flow.

**Keywords:** optimization, disconnected graph, digraph, weighted digraph, network nodes, source, sink, flow on the network, flow power, throughput, saturated arc, saturated section on the digraph, network path, education, learner, competencies.

### 1. Введение

Качественное образование – залог продуктивного интеллектуального капитала государства и (при наличии базы реализации приобретенных компетенций) устойчивого опережающего развития государства, а, следовательно, и государственного суверенитета, и не может быть реализовано вне государственной структуры или на уровне «образовательных услуг» (Samarin, 2012; Самарин, 2015; Самарин, 2016a). Образовательно-воспитательный процесс должен сопровождаться гармоничной социализацией, становлением самосознания созидательно-деятельностной личности, приобщением к культурно-нравственным и духовным ценностям, стимулированием познавательной и творческой активности (Вербина и др., 1996; Самарин и др., 1998), формированием патриотического сознания, гражданственности, профессионально-личностных качеств специалиста (Самарина, Самарин, 2003). В свою очередь, творческо-исследовательская деятельность должна иметь социо-гуманистическую целенаправленность и сопрягаться с умением прогностического моделирования и принятия обоснованных решений с учетом их последствий (Самарин, 2000; Самарин, 2007; Самарин, 1999; Самарина и др., 1999; Самарин, 2003; Самарин, 2004). Математическое моделирование для решения оптимизационных задач осуществляется методами исследования операций, в частности, методами линейного программирования (Самарин, 2011; Samarin, 2014a; Samarin, 2014b; Самарин, 2016b). К задачам линейного программирования относится и задача о максимальном потоке на сети.

### 2. Обсуждение

Алгоритм решения задачи о максимальном потоке разбиением множества вершин сети на два подмножества, в одно из которых входят все вершины сети, достижимые из

\* Corresponding author

E-mail addresses: [visamarin@mail.ru](mailto:visamarin@mail.ru) (V.I. Samarin)

истока по ненасыщенным дугам, а во второе – все остальные вершины этой сети, рассмотрен в (Кузнецов и др. 1994; Кузнецов и др. 1995). Алгоритмы, предполагающие введение на дуге фиктивных пропускных способностей в направлении, обратном основному направлению потока описаны, например, в (Аронович и др., 1997; Макарова и др., 2016), причем эти фиктивные пропускные способности формируются после каждого очередного шага увеличения мощности основного потока. В предлагаемом укороченном алгоритме фиктивные пропускные способности дуг формируются только при определенных условиях и только на заключительном этапе решения задачи.

Укороченный алгоритм построения на сети потока максимальной мощности включает следующие шаги:

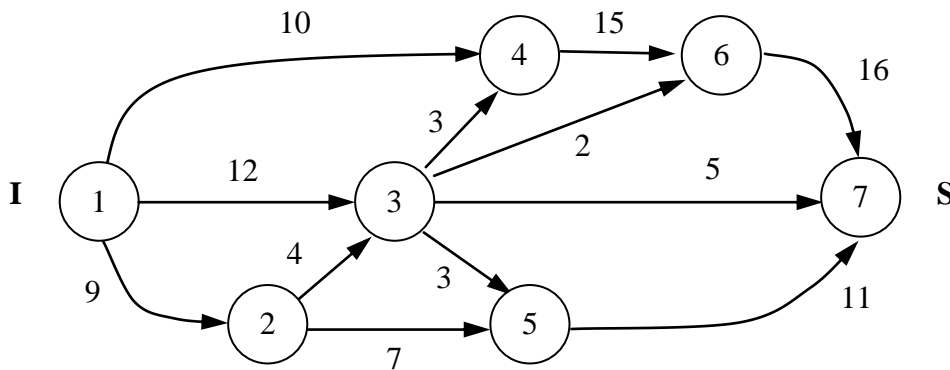
1) составить начальный поток по выбранным путям от истока к стоку с учетом минимальных пропускных способностей дуг на каждом из этих путей;

2) исходя из исходной сети и пропущенного по ней потока, построить орграф с исключением насыщенных дуг и остаточными пропускными способностями дуг, по которым реализован поток (при этом дуги в орграфе с нулевым потоком сохраняют свою исходную пропускную способность);

3) если получен несвязный граф, т.е. если может быть проведен разрез через насыщенные дуги, то максимальный поток на сети построен, и следует рассчитать его мощность  $F^*_{\max}$ ; если же имеется путь от истока к стоку сети, через который можно реализовать дополнительный ненулевой поток, то добавить этот поток к предыдущему потоку и перейти к шагу 2 алгоритма.

4) если после выполнения шага 2 алгоритма в полученном орграфе насыщенный разрез провести не представляется возможным, а путь от истока к стоку отсутствует, то по этой сети построенный поток следует направить в обратном направлении от стока **S** к истоку **I** по дополнительным дугам, вес которых (равный величине потока по соответствующим дугам) будет являться их пропускными способностями; в полученной сдвоенной сети найти возможный путь с ненулевой пропускной способностью от истока **I** к стоку **S**.

В качестве примера выполнения алгоритма построим поток максимальной мощности на сети, приведенной на рис. 1:



**Рис. 1.**

Строим на этой сети начальный поток (рис. 2), состоящий из потока мощностью 10 по пути  $1 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 7$ , потока мощностью 5 по пути  $1 \rightarrow 3 \rightarrow 7$  и потока мощностью 7 по пути  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 5 \rightarrow 7$ .

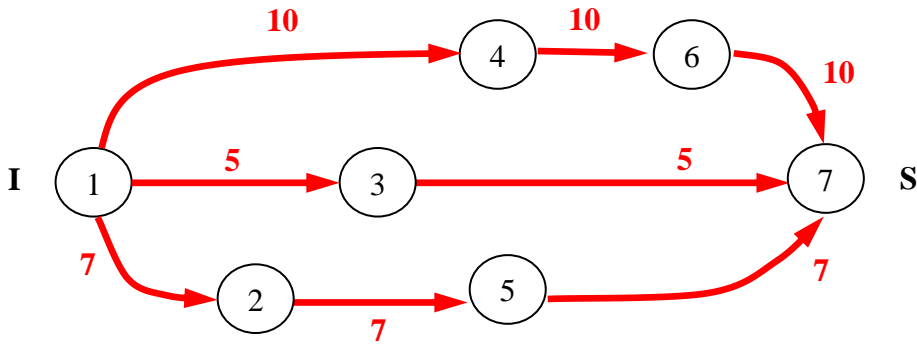


Рис. 2.

Строим оргграф (рис. 3) согласно шагу 2 упрощенного алгоритма:

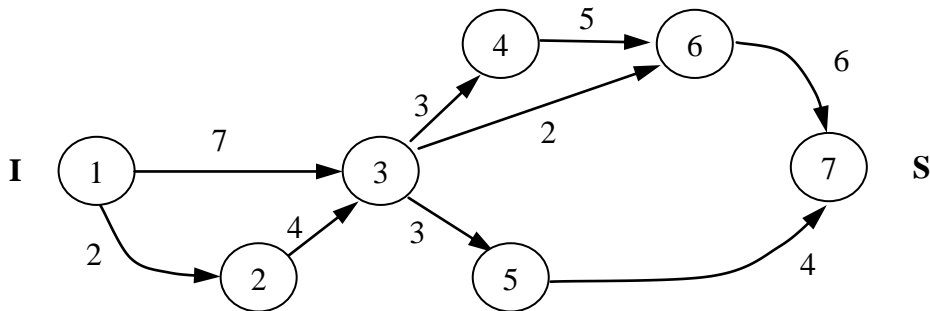


Рис. 3.

Теперь пропустим поток по пути  $1 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 7$  с пропускной способностью 3 и поток по пути  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 7$  с пропускной способностью 2. Добавим эти потоки к потоку на рис. 2 (рис. 4):

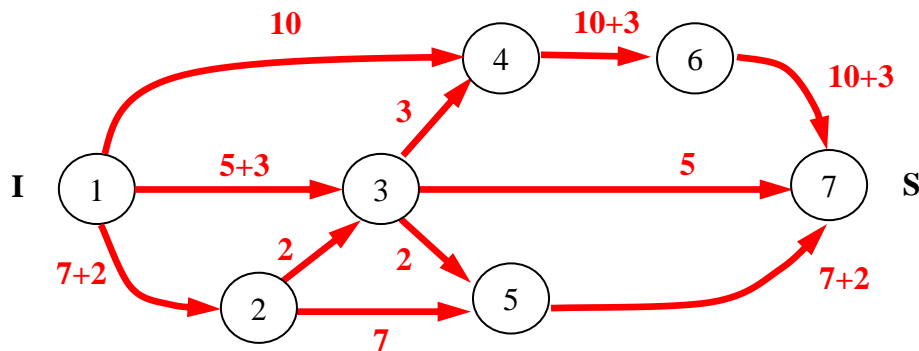


Рис. 4.

Строим оргграф (рис. 5) согласно шагу 2 алгоритма, исходя из исходной сети (рис. 1) или графа (рис. 3) и реализованного потока (рис. 4):

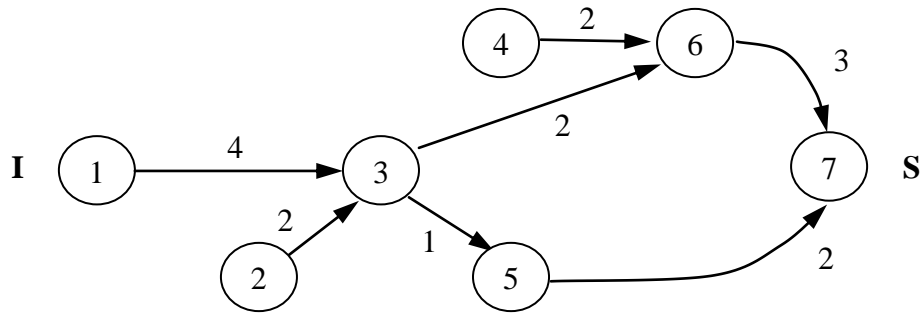


Рис. 5.

Теперь воспользуемся путем  $1 \rightarrow 3 \rightarrow 6 \rightarrow 7$  для дополнительного потока мощностью 2, и включим этот поток в поток, приведенный на рис. 4. Получаем поток (рис. 6):

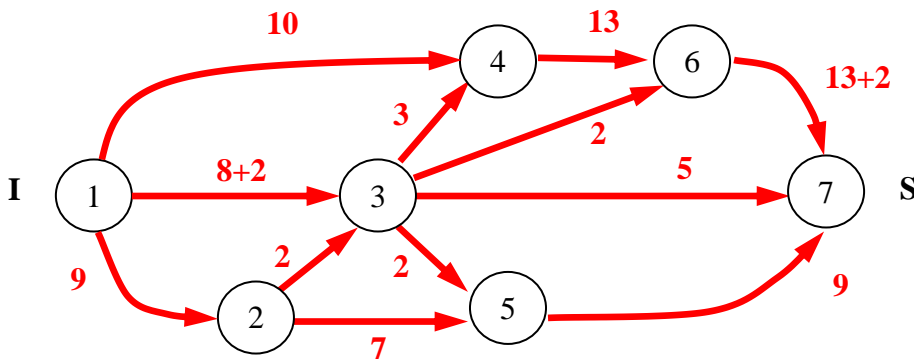


Рис. 6.

Строим оргграф (рис. 7) согласно шагу 2 алгоритма, исходя из исходной сети (рис. 1) или графа (рис. 5) и реализованного потока (рис. 6):

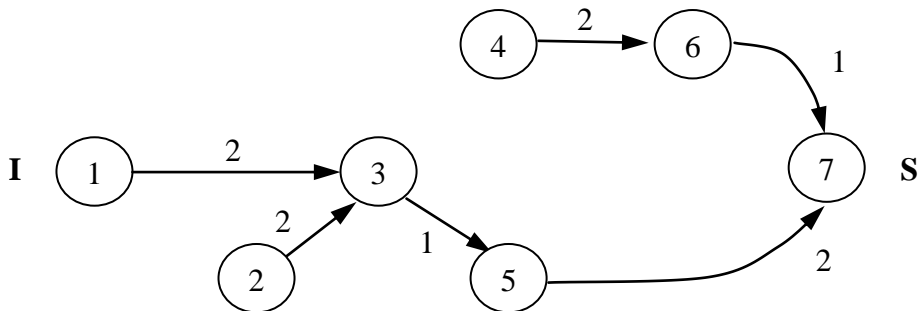


Рис. 7.

Для очередного потока воспользуемся оставшимся путем  $1 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 7$  с пропускной способностью 1. С учетом этого потока получаем поток (рис. 8):

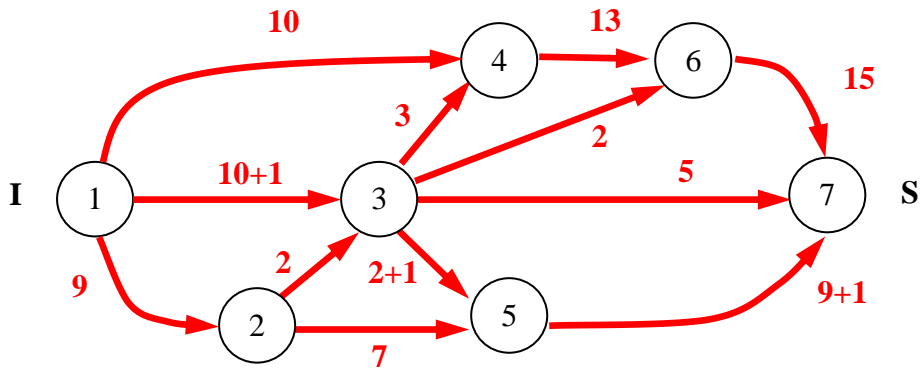


Рис. 8.

Строим оргграф (рис. 9) согласно шагу 2 алгоритма, исходя из исходной сети (рис. 1) или графа (рис. 7) и реализованного потока (рис. 8):

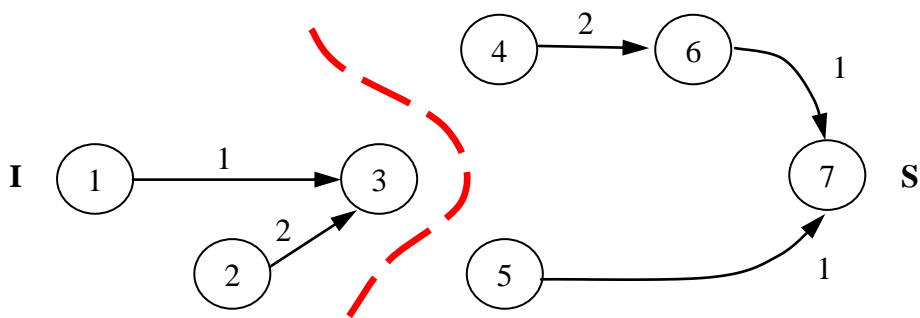


Рис. 9.

Получен несвязный оргграф, на котором можно провести насыщенный разрез (на рис. 9 – штрихованная кривая). На рис 10 этот разрез изображен на исходной сети, он пересекает только насыщенные дуги:

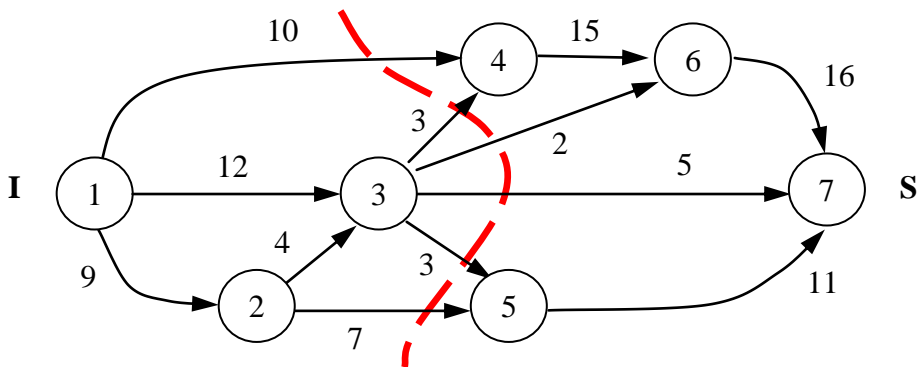


Рис. 10.

А итоговый поток мощностью  $F^*_{\max} = 30$  от истока **I** к стоку **S** принимает вид (рис. 11):

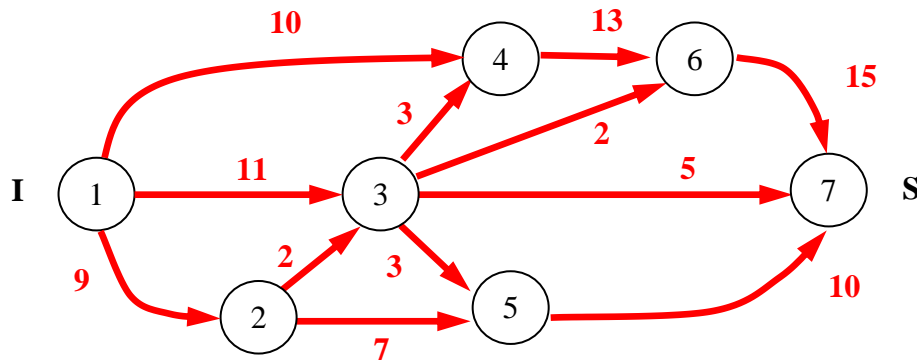


Рис. 11.

Как видим, в этом случае шаг 4 алгоритма не понадобился.

Шаг 4 алгоритма актуализируется в случае, когда насыщенный разрез провести не представляется возможным, а путь от истока к стоку отсутствует. Фиктивные пропускные способности позволяют перераспределять потоки по дугам сети при существовании соответствующей возможности. Затруднения при проведении насыщенного разреза могут возникнуть по 3-м причинам:

1. Из-за неявной несвязности орграфа после удаления насыщенных дуг.
2. Из-за нерационально сформированного потока по сети.
3. Из-за избыточности пропускной способности некоторых разрезов сети.

Рассмотрим каждый из этих случаев.

**Первый случай** – случай неявной несвязности орграфа.

Пусть после удаления насыщенных дуг сети и уменьшения пропускных способностей остальных дуг на величину проходящих по ним потоков получен следующий взвешенный оргграф (рис. 12).

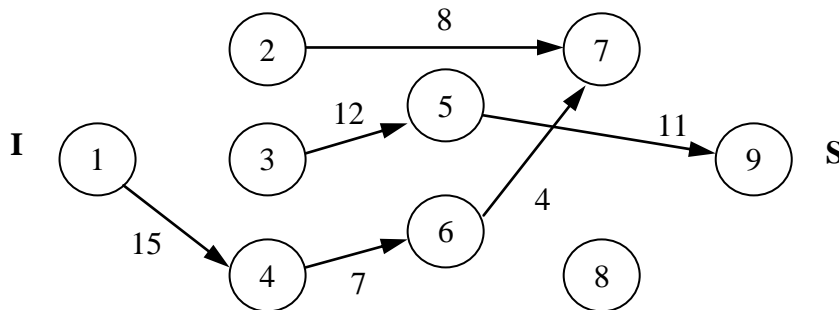


Рис. 12.

На этом графе затруднительно установить его несвязность, однако, если осуществить перестановку в группе вершин с номерами 2, 3 и 4, и в группе с номерами 7, 8, как это приведено на рис. 13, то несвязность получаемого изоморфного графа станет явной, и, тогда насыщенный разрез пройдет по полю разрыва между изолированными друг от друга комплексами вершин сети (на рис. 13 этот разрез показан штрихованной кривой):

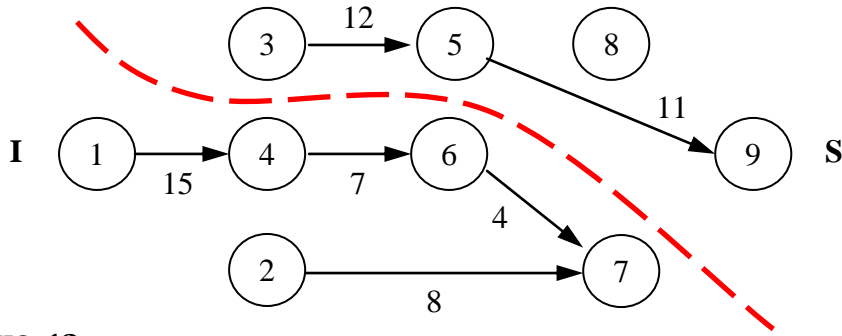


Рис. 13.

Если же была бы задана исходная сеть и сформулированный на ней поток, с учетом которого построен орграф, приведенный на рис. 12, то отсутствие пути от истока к стоку на этой сети без перестановок вершин будет установлено по результату выполнения шага 4 алгоритма.

**Второй случай:** нерациональность сформированного по сети потока.  
Рассмотрим исходную сеть (рис. 14):

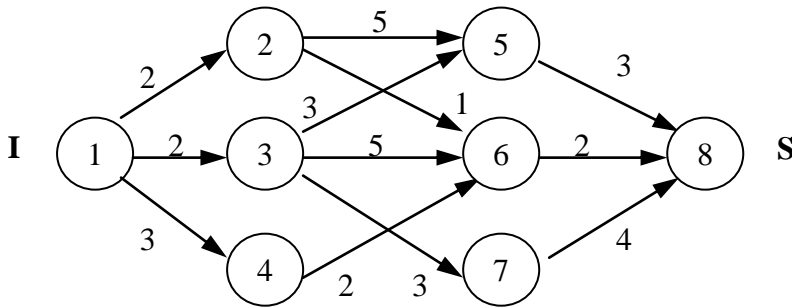


Рис. 14.

Строим на этой сети начальный поток (рис. 15):

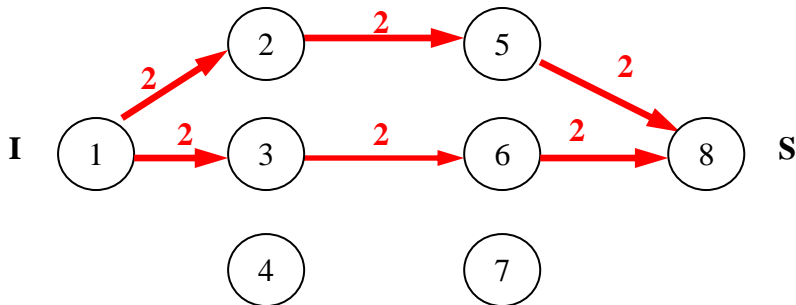


Рис. 15.

Строим орграф согласно шагу 2 упрощенного алгоритма (рис. 16):

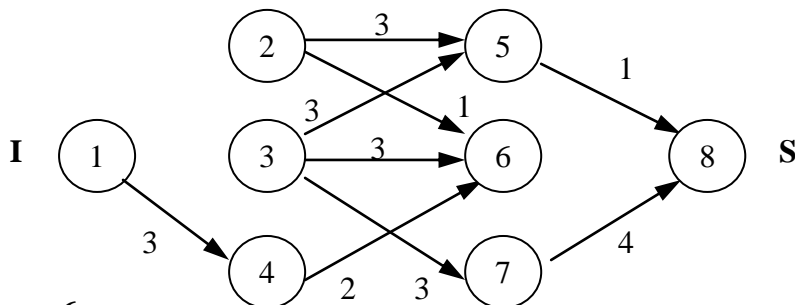


Рис. 16.

На этой сети насыщенный разрез провести невозможно, но путь от истока **I** к стоку **S** отсутствует. Выполняем шаг 4 алгоритма (рис. 17):

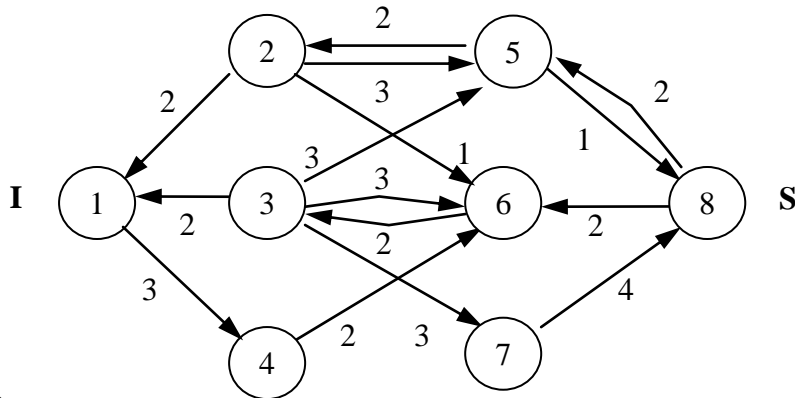


Рис. 17.

Теперь виден путь с пропускной способностью 2:  $1 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 3 \rightarrow 7 \rightarrow 8$ . Добавляем поток мощностью 2 к потоку на рис. 15 (рис. 18):

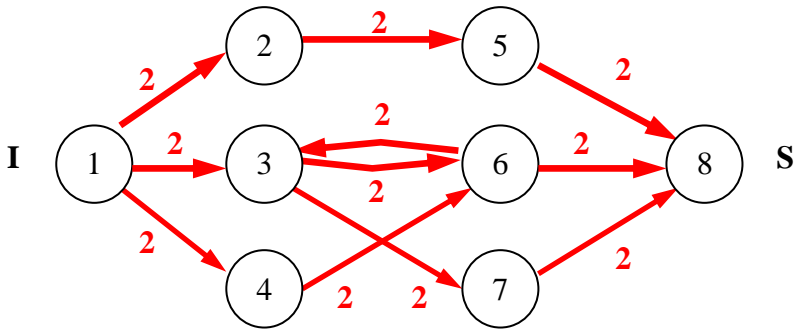


Рис. 18.

С учетом разнонаправленности двух потоков между вершинами 3 и 6, каждый мощностью 2, следует заключить, что поток между этими вершинами отсутствует. Следовательно, окончательно получаем поток (рис. 19):

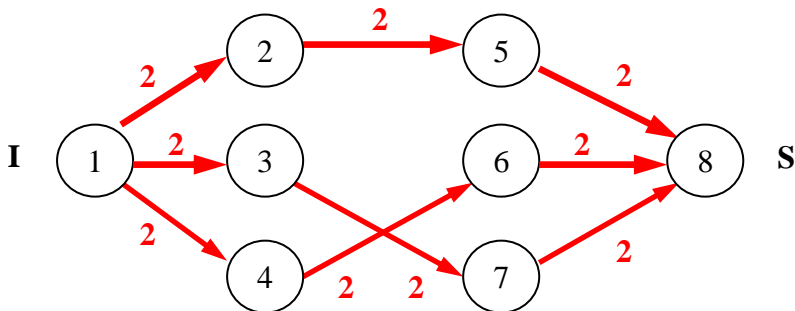


Рис. 19.

Строим оргграф (рис. 20) согласно шагу 2 алгоритма, исходя из исходного графа (рис. 14) и построенного потока (рис. 19):



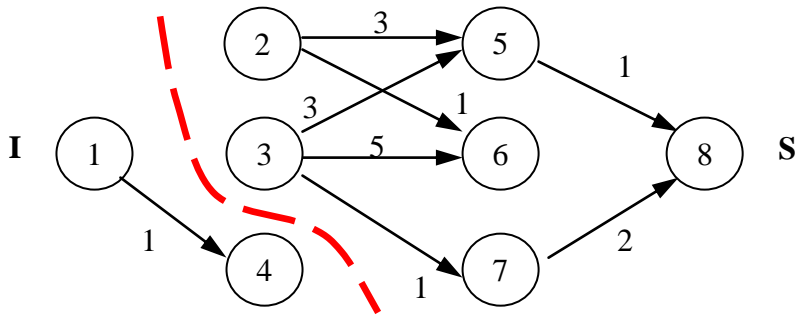


Рис. 20.

Получен несвязный орграф, а, следовательно, можно провести насыщенный разрез (на рис 20 штрихованная кривая). Таким образом при использовании упрощенного алгоритма сведенная сеть строится не после каждого формируемого потока, а только в один раз и в случае, указанном в условии выполнения шага 4 алгоритма.

На этом примере продемонстрировано, что если бы начальный поток был сформирован по пути  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 5 \rightarrow 8$  мощностью 2, по пути  $1 \rightarrow 3 \rightarrow 7 \rightarrow 8$  мощностью 2 и по пути  $1 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 8$  мощностью 2, то был бы сразу построен поток на исходной сети максимальной мощностью  $F_{\max}^* = 6$ .

**Третий случай:** избыточность пропускных способностей некоторых разрезов сети.

Рассмотрим исходную сеть (рис. 21):

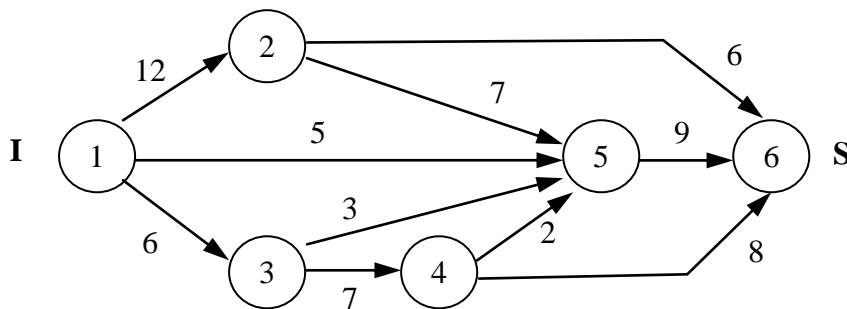


Рис. 21.

Строим на этой сети начальный поток (рис. 22):

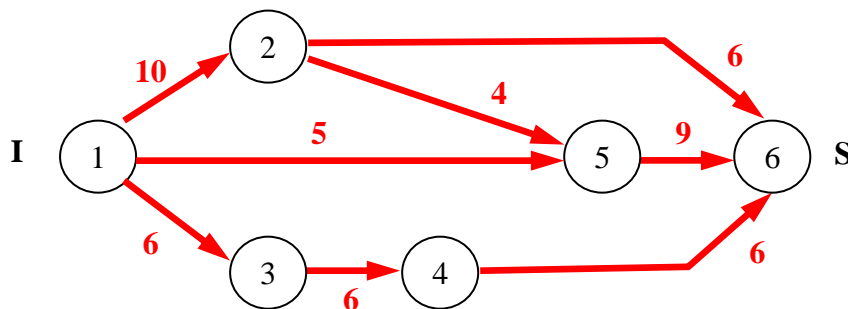


Рис. 22.

Строим оргграф (рис. 23) согласно шагу 2 алгоритма, исходя из исходного графа (рис. 21) и построенного потока (рис. 22):

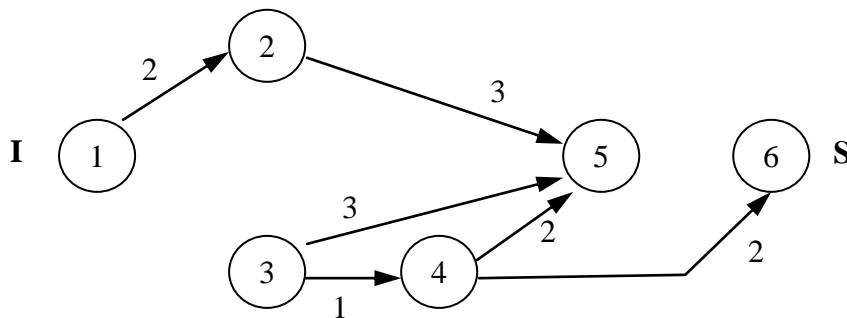


Рис. 23.

На этой сети насыщенный разрез провести невозможно, и путь от истока **I** к стоку **S** отсутствует. Выполняем шаг 4 алгоритма, получаем дополнительные дуги с фиктивной пропускной способностью (рис. 24):

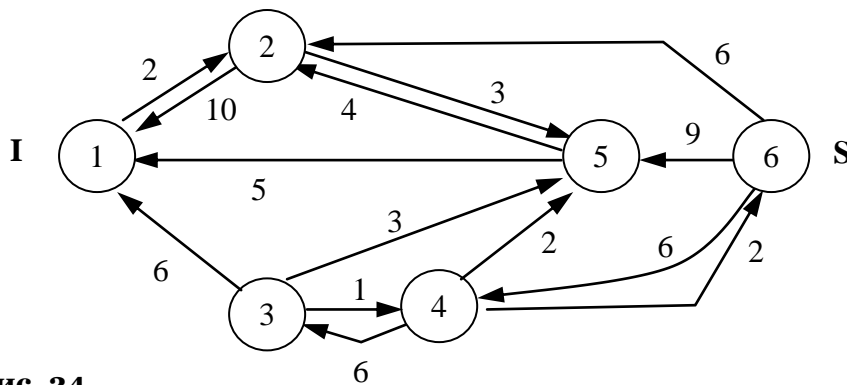


Рис. 24.

Тем не менее, наличие в построенной сети фиктивных пропускных способностей в направлении, противоположном направлению основного потока, не позволяет перераспределить потоки по дугам сети в силу отсутствия соответствующего пути от истока **I** к стоку **S**. Поэтому заключаем, что поток, приведенный на рис. 22, является оптимальным, и его мощность  $F_{\max}^* = 21$ .

### 3. Заключение

Представляет интерес решение задачи формирования потока на сети с нечеткими параметрами. Так, в связи с возможным изменением пропускной способности дуг и спонтанному скоплению и истощению количества ресурса в источнике сети требуется временная регуляция мощности нестационарных потоков на такой сети. Возникающая в этом случае статистическая дисперсия мощности потока по своей сути – неопределенность его величины, и для решения подобных задач можно использовать нечеткую математику. Однако возможна и другая природа дисперсии. Например, при распространении сигнала по оптическому каналу возникает хроматическая дисперсия, порождаемая рассеянием во времени и на длине канала спектральных и модовых составляющих передаваемого сигнала. Такая дисперсия приводит к изменению его формы и длительности сигнала и сказывается на пропускной способности оптического канала и всей оптической сети (Гроднев, 1990).

Задача о максимальном потоке может найти приложение и при исследовании многоканальных систем массового обслуживания (Симонян и др., 1998; Самарин, 2008; Симонян и др., 2011), в том числе с нечеткими параметрами. При реализации на практике потока ресурсов на сети может возникнуть необходимость высокоточных метрологических измерений и автоматизации этих измерений (Ладария и др., 1988; Ладария и др., 1988b).

#### 4. Выводы

Предлагаемый алгоритм позволяет упростить восприятие обучающимися процедуры оптимизации потока на сети, легко компьютеризируется и апробирован в соответствии с технологией раскрытия учебной темы, изложенной в (Самарин и др., 2016). Неоспоримым преимуществом данного алгоритма является то, что при каждом выполнении шагов 2-3 алгоритма, оргграф исходной сети становится все проще и проще. Тогда как при выполнении алгоритма, используемого в (Аронович и др., 1997), сеть сохраняет все исходные отношения смежности и инцидентности, а при процедурах алгоритма, используемого в (Макарова и др., 2016), на каждом шаге изменения сети эта сеть все более и более загромождается дополнительными дугами с фиктивными пропускными способностями.

#### Литература

Аронович и др., 1997 – Аронович А.Б., Афанасьев М.Ю., Суворов Б.П. Сборник задач по исследованию операций. Москва: Изд-во МГУ. 1997. 256 с.

Вербина и др., 1996 – Вербина Л.М., Курляндская Э.А., Макарова И.Л., Самарин В.И., Яковенко Т.Ю., Якунина Н.Ф. Развитие творческих способностей студентов при изучении высшей математики // Тезисы выступлений на международном семинаре по проблеме «Развитие творческих способностей личности в условиях гуманизации образования» (Сочи). Сочи: СФ РГПУ им. А.И. Герцена, 1996.

Гроднев, 1990 – Гроднев И.И. Волоконно-оптические линии связи. Москва: Радио и связь. 1990. 224 с.

Кузнецов и др. 1994 – Кузнецов А.В., Сакович В.А., Холод Н.И. Высшая математика: Математическое программирование. Минск: Вышэйшая школа. 1994. 286 с.

Кузнецов и др., 1995 – Кузнецов А.В., Сакович В.А., Холод Н.И., Дежурко Л.Ф., Рутковский Р.А., Слукин Н.М. Сборник задач и упражнений по высшей математике: Математическое программирование. – Минск: Вышэйшая школа. 1995. 382 с.

Ладария и др., 1988a – Ладария Г.Г., Акопов В.А., Фараджян В.С., Самарин В.И. Программно-управляемый функциональный модуль воспроизведения вместимости // Научно-технический реферативный сб. «Метрологическая служба в СССР». 1998. Вып. 8. С. 37-44.

Ладария и др., 1988b – Ладария Г.Г., Акопов В.А., Фараджян В.С., Самарин В.И. Устройство для определения масштабного номера шкалы жиромера / Авторское свидетельство СССР № 156448. Патент № 1388727 // Официальный бюллетень Госкомитета Совета Министров СССР по делам изобретений и открытий «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки». 1988. № 14, 15.04.88.

Макарова и др., 2016 – Исследование операций: метод. указания по выполнению расчетно-графических работ. (2016). / Сост.: Макарова И.Л., Самарин В.И., Игнатенко А.М. Сочи: РИЦ ФГБОУ ВО «СГУ». 2016, 100 с.

Самарин и др., 1998 – Самарин В.И., Горлова О.Ю., Макарова И.Л., Самарина Л.В., Якунина Н.Ф. Социально-гуманитарный аспект в преподавании высшей математики // Материалы международной научно-методической конференции «Проектирование инновационных процессов в социокультурной и образовательной сферах». Сочи: РИЦ СГУТиКД. 1998. С. 169-171.

Самарин, Самарина, 1999 – Самарин В.И., Самарина Л.В. Некоторые проблемы математического моделирования популяционной экологии // Сб. научных трудов «Некоторые вопросы математики и методики ее преподавания». Сочи: РИЦ СГУТиКД. 1999, С. 20-22.

Самарина и др., 1999 – Самарина Л.В., Вербин Ю.И., Самарин В.И. (1999). Методы оценки управления персоналом на рекреационном предприятии // Материалы межрегиональной молодежной научно-практической конференции «Проблемы, инновационные подходы и перспективы развития Российского Причерноморья». Сочи: РИО СГУТиКД, 1999.

Самарин, 2000 – Самарин В.И. Общая постановка задачи о принятии решения: методология математического обоснования // Труды Сочинского государственного университета туризма и курортного дела, вып.1. Сочи: РИЦ СГУТиКД. 2000. С. 220-238.

[Самарина, Самарин, 2003](#) – Самарина Е.А., Самарин В.И. Модель специалиста как определяющий фактор содержательной и технологической составляющих профессионального образования // Вопросы гуманитарных наук, 2003. № 1(4). С. 312-323.

[Самарин, 2003](#) – Самарин В.И. Концепция методики оценки качества подготовки студентов по математическому моделированию // Материалы 5-й Международной научно-методической конференции «Проектирование инновационных процессов в социокультурной и образовательной сферах». Часть 2. Сочи: РИО СГУТиКД. 2003. С. 209-211.

[Самарин, 2004](#) – Самарин В.И. Информационная модель в социально-гуманитарных исследованиях и в образовательном процессе // Вопросы гуманитарных наук, 2004. № 2(11). С. 246-250.

[Самарин, 2007](#) – Самарин В.И. Инварианты модели как категории познания в научно-исследовательской и дидактической деятельности // Вопросы гуманитарных наук, 2007, № 1(28). С. 89-92.

[Самарин, 2008](#) – Самарин В.И. Простейшие модели СМО с приоритетами // Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные задачи математического моделирования и информационных технологий». Сочи: СГУТиКД. 2008. С. 106-110.

[Samarin, 2011](#) – *Samarin V.I.* Practice Curriculum Analysis-Project of Resources Optimum Using into Linear Programming Production Planning // European researcher. 2011. № 5-1 (7). P. 520-526.

[Samarin, 2012](#) – *Samarin V.I.* Results of Study of Mathematics by Students as a Competency's Matter // European Researcher. 2012. Vol.(20), № 5-1. P. 468-471.

[Самарин, 2014a](#) – *Samarin V.I.* Transportation Model with Stochastic Restrictions on Cargo Supply Solution // Modeling of Artificial Intelligence, 2014. Vol. (1), № 1. P. 22-28.

[Самарин, 2014b](#) – *Samarin V.I.* Composite Principal-Dual Simplex Method for Linear Programming Solving // Modeling of Artificial Intelligence. 2014. Vol. (3), № 3. P. 126-132.

[Самарин, 2015](#) – Самарин В.И. Компетенции бакалавра и специалиста как задел для компетентности в профессиональной деятельности // Вопросы гуманитарных наук, 2015, № 1(76). С. 82-87.

[Самарин, 2016](#) – Самарин В.И. Образовательное пространство как открытая ценностная система // Вопросы гуманитарных наук, 2016, № 1 (82). С. 61-70.

[Samarin, 2016b](#) – *Samarin V.I.* Linear Programming in a Closed Loop Queuing System // Russian Journal of Mathematical Research. Series A, 2016, Vol.(4), Is. 2. P. 56-63.

[Самарин и др., 2016](#) – Самарин В.И., Игнатенко А.М., Макарова И.Л., Якунина Н.Ф. Технология раскрытия темы «Симплекс-метод решения задачи линейного программирования» // Вопросы гуманитарных наук, 2016, № 2 (83). С. 118-126.

[Симоныан и др., 1998](#) – Симоныан А.Р., Вербина Л.М., Макарова И.Л., Самарин В.И., Яковенко Т.Ю., Якунина Н.Ф. Анализ многоканальной системы массового обслуживания с несколькими уровнями // Бюллетень научных сообщений Дальневосточного государственного университета путей сообщения, 1998. № 3. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС. С. 12-14.

[Simonyan et al., 2011](#) – *Simonyan A.R., Simonyan R.A., Ulitina E.I.* Waiting time in the elementary multichannel queue system with different intensity service of calls and with expectation // European Researcher. 2011. № 5-1 (7). P. 533-536.

## References

[Aronovich i dr., 1997](#) – *Aronovich A.B., Afanas'ev M.Yu., Suvorov B.P.* (1997). Sbornik zadach po issledovaniyu operatsii [Collection of tasks on the investigation of operations]. Moskva: Izd-vo MGU. 256 p.

[Verbina i dr., 1996](#) – *Verbina L.M., Kurlyandskaya E.A., Makarova I.L., Samarin V.I., Yakovenko T.Yu., Yakunina N.F.* (1996). Razvitie tvorcheskikh sposobnostei studentov pri izuchenii vysshei matematiki [Development of the creative abilities of students in the study of higher mathematics]. Tezisy vystuplenii na mezhdunarodnom seminare po probleme «Razvitie tvorcheskikh sposobnostei lichnosti v usloviyakh gumanizatsii obrazovaniya» (Sochi). Sochi: SF RGPU im. A.I. Gertsena.

**Grodnev, 1990** – *Grodnev I.I.* (1990). Volokonno-opticheskie linii svyazi [Fiber-optic communication lines]. Moskva: Radio i svyaz'. 224 p.

**Kuznetsov i dr. 1994** – *Kuznetsov A.V., Sakovich V.A., Kholod N.I.* Vysshaya matematika: Matematicheskoe programmirovaniye. Minsk: Vysheishaya shkola. 1994. 286 p.

**Kuznetsov i dr., 1995** – *Kuznetsov A.V., Sakovich V.A., Kholod N.I., Dezhurko L.F., Rutkovskii R.A., Shukin N.M.* (1995). Sbornik zadach i uprazhnenii po vysshei matematike: Matematicheskoe programmirovaniye [Higher mathematics: mathematical programming]. Minsk: Vysheishaya shkola. 382 p.

**Ladariya i dr., 1988a** – *Ladariya G.G., Akopov V.A., Faradzhyan V.S., Samarin V.I.* Programno-upravlyaemyi funktsional'nyi modul' vosproizvedeniya vmestimosti // Nauchno-tekhnicheskii referativnyi sb. «Metrologicheskaya sluzhba v SSSR». 1998. Vyp. 8. pp. 37-44.

**Ladariya i dr., 1988b** – *Ladariya G.G., Akopov V.A., Faradzhyan V.S., Samarin V.I.* (1988). Ustroistvo dlya opredeleniya masshtabnogo nomera shkaly zhiromera [Program-driven function module for reproducing capacity]. Avtorskoe svidetel'stvo SSSR № 156448. Patent № 1388727. Ofitsial'nyi byulleten' Goskomiteta Soveta Ministrov SSSR po delam izobretenii i otkrytii «Otkrytiya, izobreteniya, promyshlennyye obraztsy, tovarnye znaki». № 14, 15.04.88.

**Makarova i dr., 2016** – Issledovanie operatsii: metod. ukazaniya po vypolneniyu raschetno-graficheskikh rabot [Investigation of operations: method. instructions for computational and graphic work]. (2016). / Sost.: Makarova I.L., Samarin V.I., Ignatenko A.M. Sochi: RITs FGBOU VO «SGU». 100 p.

**Samarin i dr., 1998** – *Samarin V.I., Gorlova O.Yu., Makarova I.L., Samarina L.V., Yakunina N.F.* (1998). Sotsial'no-gumanitarnyi aspekt v prepodavanii vysshei matematiki [Social and humanitarian aspect in teaching higher mathematics]. Materialy mezhdunarodnoi nauchno-metodicheskoi konferentsii «Proektirovaniye innovatsionnykh protsessov v sotsiokul'turnoi i obrazovatel'noi sferakh». Sochi: RITs SGUTiKD. pp. 169-171.

**Samarin, Samarina, 1999** – *Samarin V.I., Samarina L.V.* (1999). Nekotorye problemy matematicheskogo modelirovaniya populyatsionnoi ekologii [Some problems of mathematical modeling of population ecology]. Sb. nauchnykh trudov «Nekotorye voprosy matematiki i metodiki ee prepodavaniya». Sochi: RITs SGUTiKD. pp. 20-22.

**Samarina i dr., 1999** – *Samarina L.V., Verbin Yu.I., Samarin V.I.* (1999). Metody otsenki upravleniya personalom na rekreatsionnom predpriyatii [Methods of assessing the management of personnel at a recreational enterprise]. Materialy mezhdunarodnoi molodezhnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Problemy, innovatsionnye podkhody i perspektivy razvitiya Rossiiskogo Prichernomor'ya». Sochi: RIO SGUTiKD.

**Samarin, 2000** – *Samarin V.I.* (2000). Obshchaya postanovka zadachi o prinyatii resheniya: metodologiya matematicheskogo obosnovaniya [General formulation of the problem of decision-making: the methodology of mathematical justification]. Trudy Sochinskogo gosudarstvennogo universiteta turizma i kurortnogo dela, vyp.1. Sochi: RITs SGUTiKD. pp. 220-238.

**Samarina, Samarin, 2003** – *Samarina E.A., Samarin V.I.* (2003). Model' spetsialista kak opredelyayushchii faktor soderzhatel'noi i tekhnologicheskoi sostavlyayushchikh professional'nogo obrazovaniya [Model of specialist as the determining factor of the content and technological components of vocational education]. *Voprosy gumanitarnykh nauk*, № 1(4). pp. 312-323.

**Samarin, 2003** – *Samarin V.I.* (2003). Kontseptsiya metodiki otsenki kachestva podgotovki studentov po matematicheskomu modelirovaniyu [The concept of a methodology for assessing the quality of students' training in mathematical modeling]. Materialy 5-i Mezhdunarodnoi nauchno-metodicheskoi konferentsii «Proektirovaniye innovatsionnykh protsessov v sotsiokul'turnoi i obrazovatel'noi sferakh». Chast' 2. Sochi: RIO SGUTiKD. pp. 209-211.

**Samarin, 2004** – *Samarin V.I.* (2004). Informatsionnaya model' v sotsial'no-gumanitarnykh issledovaniyakh i v obrazovatel'nom protsesse [Information model in social and humanitarian studies and in the educational process]. *Voprosy gumanitarnykh nauk*, № 2(11). pp. 246-250.

**Samarin, 2007** – *Samarin V.I.* (2007). Invarianty modeli kak kategorii poznaniya v nauchno-issledovatel'skoi i didakticheskoi deyatel'nosti [Invariants of the model as a category of cognition in research and didactical activity]. *Voprosy gumanitarnykh nauk*, № 1(28). Pp. 89-92.

**Samarin, 2008** – *Samarin V.I.* (2008). Prosteishie modeli SMO s prioritetami // Materialy IV Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Aktual'nye zadachi matematicheskogo modelirovaniya i informatsionnykh tekhnologii» [The simplest models of QMS with priorities].



Sochi: SGUTiKD. pp. 106-110.

**Samarin, 2011** – *Samarin V.I.* (2011). Practice Curriculum Analysis-Project of Resources Optimum Using into Linear Programming Production Planning. *European researcher.* № 5-1 (7). S. 520-526.

**Samarin, 2012** – *Samarin V.I.* (2012). Results of Study of Mathematics by Students as a Competency's Matter. *European Researcher.* Vol.(20), № 5-1. pp. 468-471.

**Samarin, 2014a** – *Samarin V.I.* (2014). Transportation Model with Stochastic Restrictions on Cargo Supply Solution. *Modeling of Artificial Intelligence*, Vol. (1), № 1. pp. 22-28.

**Samarin, 2014b** – *Samarin V.I.* (2014). Composite Principal-Dual Simplex Method for Linear Programming Solving. *Modeling of Artificial Intelligence.* Vol. (3), № 3. pp. 126-132.

**Samarin, 2015** – *Samarin V.I.* (2015). Kompetentsii bakalavra i spetsialista kak zadel dlya kompetentnosti v professional'noi deyatel'nosti [Bachelor's and specialist's competences as a reserve for competence in professional activities]. *Voprosy gumanitarnykh nauk*, № 1(76). pp. 82-87.

**Samarin, 2016** – *Samarin V.I.* (2016). Obrazovatel'noe prostranstvo kak otkrytaya tsennostnaya sistema [The educational space as an open value system]. *Voprosy gumanitarnykh nauk*, № 1(82). pp. 61-70.

**Samarin, 2016b** – *Samarin V.I.* (2016). Linear Programming in a Closed Loop Queuing System. *Russian Journal of Mathematical Research. Series A*, Vol.(4), Is. 2. pp. 56-63.

**Samarin i dr., 2016** – *Samarin V.I., Ignatenko A.M., Makarova I.L., Yakunina N.F.* (2016). Tekhnologiya raskrytiya temy «Simpleks-metod resheniya zadachi lineinogo programmirovaniya» [Technology of disclosure of the theme "Simplex method for solving the linear programming problem"]. *Voprosy gumanitarnykh nauk*, № 2 (83). pp. 118-126.

**Simonyan i dr., 1998** – *Simonyan A.R., Verbina L.M., Makarova I.L., Samarin V.I., Yakovenko T.Yu., Yakunina N.F.* (1998). Analiz mnogokanal'noi sistemy massovogo obsluzhivaniya s neskol'kimi urovnyami [Analysis of a multichannel queuing system with several levels]. *Byulleten' nauchnykh soobshchenii Dal'nevostochnogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshcheniya*, № 3. Khabarovsk: Izd-vo DVGUPS. pp. 12-14.

**Simonyan et al., 2011** – *Simonyan A.R., Simonyan R.A., Ulitina E.I.* (2011). Waiting time in the elementary multichannel queue system with different intensity service of calls and with expectation // *European Researcher.* 2011. № 5-1 (7). pp. 533-536.

## Упрощенный алгоритм формирования максимального потока на сети

Виктор Иванович Самарин <sup>а,\*</sup>

<sup>а</sup> Сочинский государственный университет, Российская Федерация

**Аннотация.** Приведены наиболее распространенные алгоритмы решения задачи формирования максимального потока на сети. Предложен алгоритм решения этой задачи, обеспечивающий большую наглядность и транспарентность трансформации орграфа исходной сети за счет его пошагового упрощения. Исследованы случаи, когда становится необходимым использование на последнем шаге алгоритма фиктивных пропускных способностей дуг орграфа в направлении, обратном основному потоку.

**Ключевые слова:** оптимизация, несвязный граф, орграф, взвешенный орграф, вершины сети, исток, сток, поток на сети, мощность потока, пропускная способность, насыщенная дуга, насыщенный разрез, путь на сети, образование, обучающийся, компетенции.

\* Корреспондирующий автор

Адреса электронной почты: [visamarin@mail.ru](mailto:visamarin@mail.ru) (В.И. Самарин)