

УДК 519.8

Н.Н. Двоерядкина

РАСЧЕТ ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ СОБЫТИЙ В СЕТЕВОЙ МОДЕЛИ

Средством описания плана работ по осуществлению сложных проектов, состоящих из большого количества отдельных исследований и операций, является сетевая модель. Построение и анализ сетевой модели комплекса работ позволяет оптимизировать затраты на выполнение работ. Анализ сетевой модели начинается с расчета ее временных параметров. В статье предложен один из методов расчета временных параметров событий.

Ключевые слова: сетевая модель, сетевой график, критический путь, временные характеристики.

CALCULATION OF TIME PARAMETERS OF EVENTS NETWORK MODEL

The network model is a means of describing a work plan implementing complex projects consisting of a large number of separate studies and operations. The construction and analysis of the network model allows you to optimize the costs of these projects. Analysis of the network model begins with the calculation of its time parameters. The article proposes one of the methods for calculating the time parameters of events.

Key words: network model, network graph, critical path, time parameters of events.

DOI: 10/22250/jasu.6

Сетевая модель – это математическая модель некоторого комплекса работ. Чаще всего ее представляют в виде графика, связывающего события, которые должны произойти в процессе выполнения всего комплекса работ. Связь между событиями устанавливается посредством промежуточных действий, от которых зависит выполнение всего проекта. Такой график называют сетевым [1].

Рассмотрим временные характеристики событий сетевой модели. К ним относятся: $R(i)$ – резерв времени i -го события; $t_p(i)$ – ранний срок свершения i -го события; $t_n(i)$ – поздний срок свершения i -го события [2].

Ранний срок свершения i -го события равен продолжительности пути, предшествующего этому событию. Если путей, предшествующих i -му событию несколько, то ранний срок его свершения равен максимальному среди продолжительностей всех предшествующих этому событию путей:

$$t_p(i) = \max t(L_{ni}),$$

где L_{ni} – произвольный путь от исходного до i -го события сетевого графика; $t(L_{ni})$ – продолжительность пути [2].

На практике неудобно каждый раз перебирать все возможные пути от исходного до i -го события сетевого графика, так как каждому предшествующему пути соответствует и предшествующее событие, а ранний срок i -го события отличается от раннего срока предшествующего ему события только продолжительностью связывающей их работы. Поэтому ранний срок свершения события определяется по формуле:

$$t_p(j) = \max\{t_p(i) + t(i, j)\},$$

где $t_p(j)$ – искомый ранний срок свершения j -го события; $t_p(i)$ – ранний срок свершения предшествующего i -го события; $t(i, j)$ – продолжительность работы (i, j) [2].

Задержка появления i -го события не отразится на продолжительности всего комплекса работ до тех пор, пока сумма срока i -го события и максимального из последующих за ним путей не превысит критического пути. Поздний срок свершения i -го события равен разности между продолжительностью критического пути и продолжительностью пути, следующего от i -го события до завершающего события. Если последующих i -му событию путей несколько, то поздний срок его свершения равен разности между продолжительностью критического пути и максимальной продолжительностью пути, следующего от i -го события до завершающего события среди продолжительностей всех последующих за этим событием путей:

$$t_n(i) = t_{kp} - \max t(L_{ci}),$$

где L_{ci} – произвольный путь от i -го события до завершающего события сетевого графика; $t(L_{ci})$ – продолжительность этого пути.

На практике неудобно каждый раз перебирать все возможные пути от i -го события до завершающего события сетевого графика. Каждому последующему за событием пути соответствует и последующее событие, и поздний срок i -го события отличается от позднего срока последующего за ним события только продолжительностью связывающей их работы. Поэтому поздний срок свершения i -го события определяется по формуле:

$$t_n(i) = \min\{t_n(j) - t(i, j)\},$$

где $t_n(i)$ – искомый поздний срок свершения i -го события; $t_n(j)$ – поздний срок свершения последующего j -го события; $t(i, j)$ – продолжительность работы (i, j) .

Резерв времени i -го события показывает, можно ли задержать выполнение события на некоторый срок без ущерба для продолжительности всего комплекса работ. Резерв времени равен разности между поздним и ранним сроками свершения одного и того же события:

$$R(i) = t_n(i) - t_p(i),$$

где $t_p(i)$ – ранний срок свершения i -го события; $t_n(i)$ – поздний срок свершения i -го события [2].

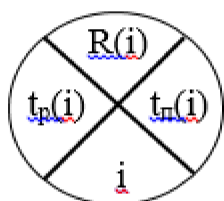


Рис. 1. Расположение временных характеристик событий на графе.

Расчет временных параметров событий целесообразно проводить на сетевом графе. Разделим кружок, изображающий событие на сетевом графике, на четыре сектора (рис. 1) и поместим номер события, $t_p(i)$, $t_n(i)$ и $R(i)$ в отдельном секторе этого круга.

Рассмотрим расчет временных параметров событий сетевого графика на примере. Построен и упорядочен сетевой график некоторого комплекса работ, включающего 7 событий и 12 связывающих их работы. Продолжительность каждой работы указана рядом со стрелками (рис. 2). Необходимо рассчитать временные параметры событий.

Разделим каждый круг, изображающий событие, на четыре сектора и будем располагать временные характеристики событий внутри каждого сектора, как показано на рис. 1.

Номер события размещаем в нижнем секторе круга.

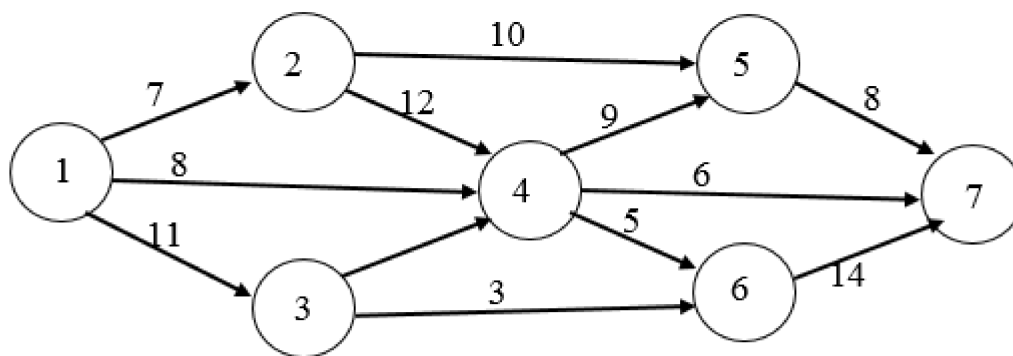


Рис. 2. Условие задачи.

Расчет раннего срока свершения событий начинаем с первого события и размещаем в левом секторе круга. Ранний срок свершения первого события равен 0, так как ему не предшествует ни один путь. Ранний срок свершения второго события равен 7 – продолжительности работы (1,2), так как это единственный путь, предшествующий событию 2. Аналогично ранний срок свершения третьего события равен 11, как длине единственного предшествующего ему пути.

Для расчета раннего срока свершения четвертого события рассматриваем три предшествующих ему пути: 1-2-4, 1-4 и 1-3-4. Находим продолжительности каждого из них и выбираем максимальную из них:

$$t_p(4) = \max\{t_p(1) + t(1,4); t_p(2) + t(2,4); t_p(3) + t(3,4)\}$$

$$t_p(4) = \max\{0 + 8; 7 + 12; 11 + 4\} = \max\{8; 19; 15\} = 19.$$

Итак, ранний срок свершения четвертого события равен 19. Рассчитываем ранний срок свершения пятого события. Ему предшествуют два пути: 1-2-5 и 1-2-4-5 и два события: 2 и 4, ранний срок свершения которых уже известен. Ранний срок свершения пятого события будет определяться как

$$t_p(5) = \max\{t_p(2) + t(2,5); t_p(4) + t(4,5)\}$$

$$t_p(5) = \max\{7 + 10; 19 + 9\} = \max\{17; 28\} = 28.$$

Ранний срок свершения пятого события размещаем в соответствующий сектор круга пятого события.

Шестому событию предшествуют также два пути: 1-3-6 и 1-3-4-6, а значит, два события – 4 и 3, ранний срок свершения которых известен: $t_p(4) = 19$ и $t_p(3) = 11$. Продолжительности работ $t(4, 6) = 5$, $t(3, 6) = 3$. Прибавляем эти продолжительности к раннему сроку соответствующих предшествующих событий и выбираем максимальное значение:

$$t_p(6) = \max\{t_p(4) + t(4,6); t_p(3) + t(3,6)\}$$

$$t_p(6) = \max\{19 + 5; 11 + 3\} = \max\{24; 14\} = 24.$$

Для расчета раннего срока свершения седьмого события определяем, что седьмому событию предшествует три пути и три события – 5, 4 и 6. Вычисляем ранний срок свершения седьмого события как максимальное значение из сумм ранних сроков свершения 5, 4, 6 событий и продолжительностей работ (5,7); (4,7) и (6,7).

$$t_p(7) = \max\{t_p(5) + t(5,7); t_p(4) + t(4,7); t_p(6) + t(6,7)\}$$

$$t_p(7) = \max\{28 + 8; 19 + 6; 24 + 14\} = \max\{36; 25; 38\} = 38.$$

Размещаем ранний срок свершения седьмого события в соответствующем секторе седьмого круга (рис. 3).

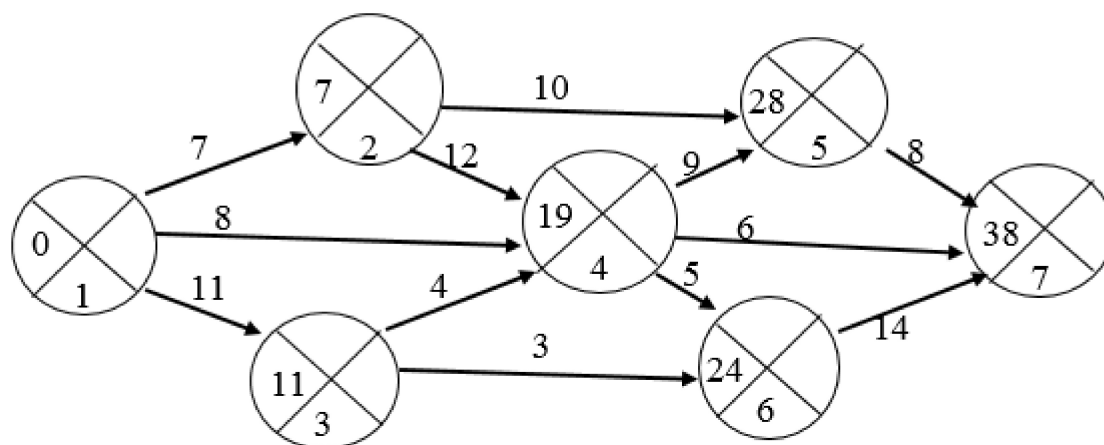


Рис. 3. Расчет раннего срока свершения события.

По сетевому графику можно сделать вывод, что продолжительность выполнения всего комплекса работ равна 38, а значит, длина критического пути составляет 38.

Вычислим поздние сроки свершения событий и заполним правые секторы кругов, изображающих события на сетевом графике. Расчет начинается с седьмого события, так как для расчета требуются последующие пути, а седьмое событие не имеет последующих путей

$$t_n(7) = t_{кр} - 0 = 38 - 0 = 38.$$

Располагаем значение, равное 38, в правый сектор круга, изображающего седьмое событие.

Рассчитаем поздний срок свершения шестого события. Последующим за этим событием является только один путь. Для определения позднего срока свершения шестого события достаточно из длины критического пути вычесть продолжительность единственного последующего пути $t(6,7)=14$, тогда $t_n(6) = t_{кр} - t(6,7) = 38 - 14 = 24$.

Рассчитаем поздний срок свершения пятого события. От пятого до завершающего события проходит всего один путь – 5-7, поэтому для расчета позднего срока свершения пятого события надо из продолжительности критического пути вычесть продолжительность пути 5-7, равную продолжительности работы $t(5,7)=8$.

$$t_n(5) = t_{кр} - t(5,7) = 38 - 8 = 30.$$

Размещаем значения поздних сроков свершения шестого и пятого событий в правый сектор соответствующих кругов, изображающих события 5 и 6.

Расчет позднего срока свершения четвертого события начинаем с определения последующих за событием 4 путей. Анализ сетевого графика показывает, что за 4 событием следует три пути: 4-7, 4-5-7, 4-6-7, а значит, надо найти продолжительности каждого из этих путей, выбрать среди них максимальный и вычесть его из продолжительности критического пути. Можно из позднего срока последующих событий 5, 6, 7 вычесть продолжительности работ (4,5), (4,7), (4,6) и из полученных значений выбрать наименьшее.

$$t_n(4) = \min\{t_n(5) - t(4,5); t_n(6) - t(4,6); t_n(7) - t(4,7)\}$$

$$t_n(4) = \min\{30 - 9; 24 - 5; 38 - 6\} = \min\{21; 19; 32\} = 19.$$

При анализе сетевого графика для определения позднего срока свершения третьего события отмечаем, что последующим за третьим событием являются два – 4 и 6. Значит, для определения позднего срока свершения третьего события надо из поздних сроков событий 4 и 6 вычесть продолжительности работ (3,4) и (3,6) и выбрать минимальное значение.

$$t_n(3) = \min\{t_n(4) - t(3,4); t_n(6) - t(3,6)\}$$

$$t_n(3) = \min\{19 - 4; 24 - 3;\} = \min\{15; 21\} = 15.$$

Для определения позднего срока свершения второго события анализируем два непосредственно следующих за вторым события – 4 и 5. Из поздних сроков этих событий $t_n(4)=19$ и $t_n(5)=30$ вычитаем продолжительности работ $t(2,5)=10$ и $t(2,4)=12$.

$$t_n(2) = \min\{t_n(4) - t(2,4); t_n(5) - t(2,5)\}$$

$$t_n(2) = \min\{19 - 12; 30 - 10; \} = \min\{7; 20\} = 7.$$

Размещаем поздний срок свершения второго события в правый сектор соответствующего второму событию круга сетевого графика.

При определении позднего срока свершения события 1 необходимо из поздних сроков событий 2, 3, 4, непосредственно предшествующих событию 1, вычесть продолжительности соответствующих работ. Выбрать среди полученных значений максимальное.

$$t_n(1) = \min\{t_n(2) - t(1,2); t_n(4) - t(1,4); t_n(3) - t(1,3)\}$$

$$t_n(1) = \min\{7 - 7; 19 - 8; 15 - 11\} = \min\{0; 11; 4\} = 0.$$

Размещаем все вычисленные поздние сроки событий на сетевом графике в правом секторе кругов, изображающих события (рис. 4).

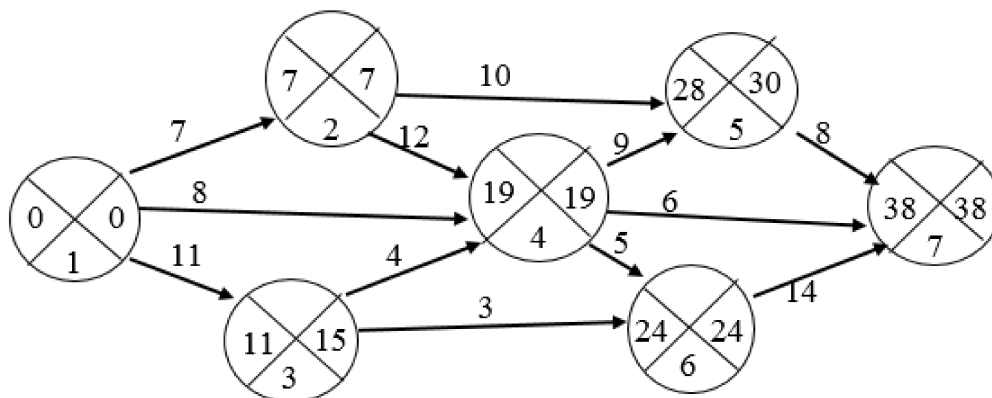


Рис. 4. Расчет поздних сроков свершения событий.

Для вычисления резервов времени событий надо из позднего срока свершения каждого события вычесть ранний срок свершения этого же события. Из значений, записанных в правом секторе круга, вычесть значение, записанное в левом секторе того же круга.

События с нулевыми резервами лежат на критическом пути и называются критическими событиями. Изменение времени свершения этих событий невозможно без изменения длины критического пути. Вычисленные резервы времени событий представлены на рис. 5.

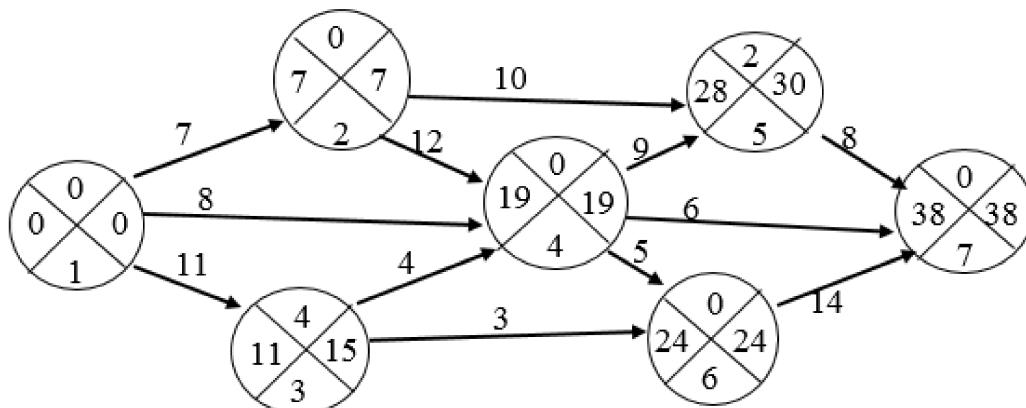


Рис. 5. Итоговый результат решения задачи.

$$R(1) = t_n(1) - t_p(1) = 0 - 0 = 0; \quad R(2) = t_n(2) - t_p(2) = 7 - 7 = 0;$$

$$R(3) = t_n(3) - t_p(3) = 15 - 11 = 4; R(4) = t_n(4) - t_p(4) = 19 - 19 = 0;$$

$$R(5) = t_n(5) - t_p(5) = 30 - 28 = 2; R(6) = t_n(6) - t_p(6) = 24 - 24 = 0;$$

$$R(7) = t_n(7) - t_p(7) = 38 - 38 = 0.$$

Критический путь проходит по событиям 1-2-4-6-8, его продолжительность равна 38. События 1, 2, 4, 6, 8 являются критическими и имеют нулевые резервы времени.

1. Галюк, А.Д. Управление проектами: курс лекций. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2014. – 107 с.

2. Красс, М.С. Математика в экономике: математические методы и модели. Учебник для бакалавров / М.С. Красс, Б.П. Чупрынов; под ред. М.С. Красса. – Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Юрайт, 2017. – 541 с.

УДК 004.04

А.В. Позизов, М.А. Серов, Т.А. Галаган

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГНСС-ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОСЕРВИСНОЙ АРХИТЕКТУРЫ

В работе рассматриваются этапы проектирования и особенности реализации web-приложения микросервисной архитектуры, которое предназначено для обработки ГНСС-данных, используемых для анализа геодинамической активности.

Ключевые слова: обработка данных, ГНСС-данные, распределенные вычисления, LXC-контейнеры, C#.

DEVELOPMENT OF WEB-APPLICATION FOR PROCESSING GNSS-DATA BASED ON MICROSERVICE ARCHITECTURE

The paper discusses the design and implementation features web application of a micro-service architecture that is intended for processing GNSS-data for the analysis of geodynamic activity.

Key words: data processing, GNSS-data, distributed calculations, LXC-containers, C #.

DOI: 10/22250/jasu.7

Введение

Одним из важных аспектов современной геологии является анализ активности различных тектонических структур. Основным подходом для изучения смещений земной поверхности на Дальнем Востоке России является космическая геодезия с использованием глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) [1, 2, 4]. Рассматриваемое веб-приложение предназначено для того, чтобы автоматизировать и упростить процесс, используемый в рамках метода, увеличить количество обрабатываемой информации и предоставить удобный интерфейс для запуска и параметрической настройки процесса.

Существуют отдельные программные продукты для решения конкретных задач в рамках ГНСС-метода. Однако именно отсутствие комплексных продуктов затрудняет работу специалистов,