13 (повышенный уровень, время – 3 мин)

Тема: Графы. Поиск количества путей

Что проверяется:

Умение представлять и считывать данные в разных типах информационных моделей (схемы, карты, таблицы, графики и формулы).

1.3.1. Описание (информационная модель) реального объекта и процесса, соответствие описания объекту и целям описания. Схемы, таблицы, графики, формулы как описания.

1.2.1. Умение использовать готовые модели, оценивать их соответствие реальному объекту и целям моделирования.

Что нужно знать:

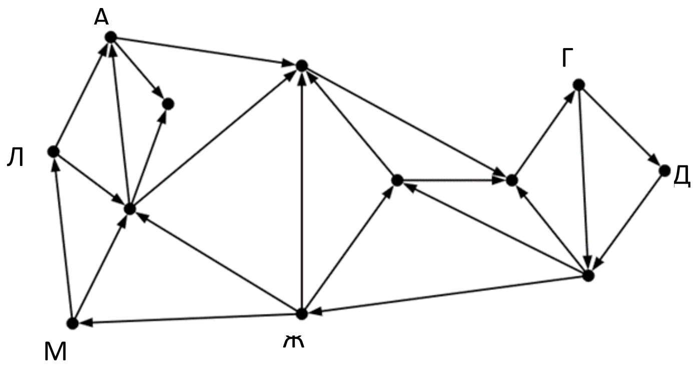
- если в город R можно приехать только из городов X, Y, и Z, то число различных путей из города A в город R равно сумме числа различных путей проезда из A в X, из A в Y и из A в Z, то есть

$$N_R = N_X + N_Y + N_Z,$$

  где N_Q обозначает число путей из вершины A в некоторую вершину Q
- число путей конечно, если в графе нет циклов – замкнутых путей

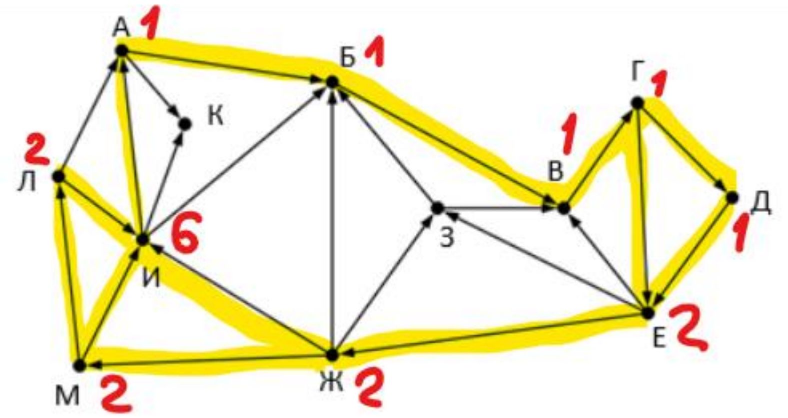
Пример задания:

Р-07 (А. Калинин) На рисунке представлена схема дорог, связывающих города А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, З, И, К, Л, М. По каждой дороге можно двигаться только в одном направлении, указанном стрелкой. Определите количество различных путей ненулевой длины, которые начинаются и заканчиваются в городе И, не содержат этот город в качестве промежуточного пункта и проходят через промежуточные города не более одного раза.



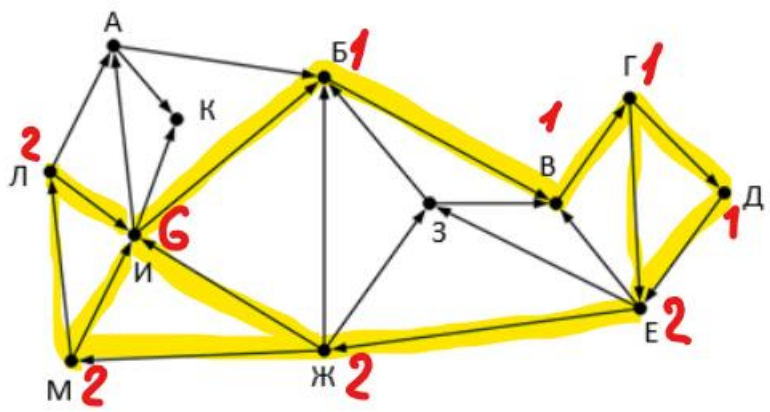
Решение (А. Калинин):

1) из точки И выходят дороги ИА, ИБ, ИК; рассмотрим каждый из этих случаев отдельно
2) старт через ИА (рассматриваются только дороги, ведущие в точку И):



получаем 6 различных путей

3) старт через ИБ (рассматриваются только дороги, ведущие в точку И):



получаем ещё 6 различных путей

4) старт через ИК: эта дорога заводит в тупик: из точки К невозможно пройти ни в один из пунктов
5) складывая количество путей во всех случаях, получаем общее количество различных путей, начинающихся и заканчивающихся в точке И: 6 + 6 = 12.
6) Ответ: 12.

Решение (программа на Python):

1) сначала задаём граф в виде списка смежности, данные записываем в словарь, где у каждого элемента ключ – это обозначение вершины, а значение – это список вершин, куда можно прийти за один шаг из данной вершины:

```
G = {
'А': "БК",
'Б': "В",
'В': "Г",
'Г': "ДЕ",
'Д': "Е",
'Е': "ВЖЗ",
'Ж': "БЗИМ",
'З': "БВ",
'И': "АБК",
'К': "",
'Л': "АИ",
'М': "ЛИ",
}
```

2) теперь пишем рекурсивную процедуру, которая перебирает все возможные пути; она будет увеличивать глобальный счётчик **count**, когда найдёт очередной путь:

```
count = 0
def findPath( path, target ):
  global count
  lastTown = path[-1]
  ...
```

параметр **path** – это уже построенная часть пути (символьная строка), а параметр **target** – это конечный пункт; в конце фрагмента мы записываем метку последней вершины в переменную **lastTown** (потом она будет дважды использоваться)

3) затем проверяем, не пришли ли мы к конечному пункту; если пришли, то увеличиваем счётчик путей и выводим построенный путь на экран:

```
    if lastTown == target and len(path) > 1:
      count += 1
      print( path )
      return
```

второе условие (**`len(path) > 1`**) нужно для того, чтобы процесс поиска сразу не остановился, когда начальный пункт совпадает с конечным (как в нашей задаче)

4) теперь нужно проверить дальнейшие пути через все города, в которые можно проехать из **`lastTown`**, эту информацию берём из словаря **G**, который описывает граф:

```
for town in G[lastTown]:
   if not town in path or town == target:
     findPath( path+town, target )
```

условие в операторе **`if`** означает, что мы проверяем возможный путь только тогда, когда новой вершины **`town`** еще нет в пройденном маршруте или она совпадает с конечной точкой.

5) приведём полную программу:

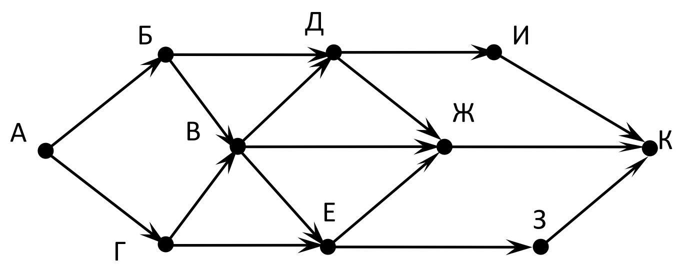
```
G = {
'А': "БК", 'Б': "В", 'В': "Г", 'Г': "ДЕ",
'Д': "Е", 'Е': "ВЖЗ", 'Ж': "БЗИМ", 'З': "БВ",
'И': "АБК", 'К': "", 'Л': "АИ", 'М': "ЛИ",
}
count = 0
def findPath( path, target ):
   global count
   lastTown = path[-1]
   if lastTown == target and len(path) > 1:
      count += 1
      print( path )
      return
   for town in G[lastTown]:
      if not town in path or town == target:
        findPath( path+town, target )

findPath( 'И', 'И' )
print( count )
```

6) Ответ: 12.

Ещё пример задания:

Р-06 (Д. Муфаззалов). *На рисунке – схема дорог, связывающих города А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, И, К. По каждой дороге можно двигаться только в одном направлении, указанном стрелкой. Сколько существует различных маршрутов из города А в город К, содержащих ровно пять городов, включая города А и К?*



Решение (метод динамического программирования):

1) в целом задача решается так же, как и стандартная (на количество маршрутов любой длины), но приходится для каждого пункта определять число маршрутов *всех возможных длин* в этот город из исходного пункта

2) для некоторого города X будем обозначать количество маршрутов в виде

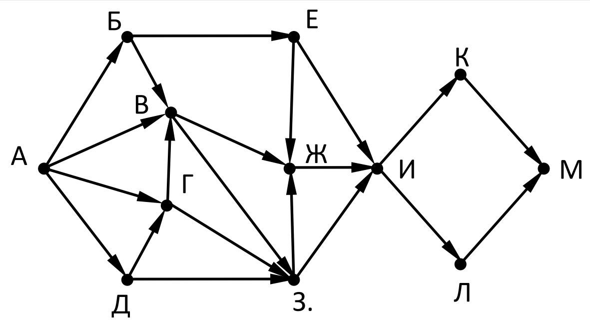
$$X : L_1^{k_1} \cdot L_2^{k_2} \cdot \ldots \cdot L_q^{k_q} ,$$

где L_i – возможная длина маршрута в этот город из начального пункта, а k_i – количество маршрутов длиной L_i; например, запись X: $5^3 \cdot 6^2$ означает, что из начального пункта в пункт X есть 3 маршрута длиной 5 и 2 маршрута длиной 6

3) очевидно, что есть только один маршрут из A в A, и он имеет длину 1, то есть A: 1^1
4) при переходе к следующему пункту длина маршрута увеличивается на 1; количество сохраняется; например, в пункты Б и Г можно попасть только из А, поэтому
$$Б: 2^1, \quad Г: 2^1.$$
5) в пункт В можно попасть из Б и Г, поэтому «перемножаем» количество маршрутов для Б и Г, увеличивая длины на 1:
$$В = Б \cdot Г: (2+1)^1 \cdot (2+1)^1 = 3^2.$$
Это значит, что в пункт В ведёт 2 маршрута длиной 3.
6) пункт Д доступен из Б и В, поэтому
$$Д = Б \cdot В: (2+1)^1 \cdot (3+1)^2 = 3^1 \cdot 4^2.$$
7) аналогично $Е = Г \cdot В$: $(2+1)^1 \cdot (3+1)^2 = 3^1 \cdot 4^2$.
8) далее определяем количество маршрутов для И (доступен только из Д) и З (доступен только из Е)
$$И: (3+1)^1 \cdot (4+1)^2 = 4^1 \cdot 5^2, \qquad З: (3+1)^1 \cdot (4+1)^2 = 4^1 \cdot 5^2.$$
9) вершина *Ж* доступна из *Д*, *В*, *Е*:
$$Ж = Д \cdot В \cdot Е: (3+1)^1 \cdot (4+1)^2 \cdot (3+1)^2 \cdot (3+1)^1 \cdot (4+1)^2 =$$
$$= 4^1 \cdot 5^2 \cdot 4^2 \cdot 4^1 \cdot 5^2 = 4^4 \cdot 5^4$$
10) наконец, конечная вершина *К* доступна из *Ж*, *З*, *И*:
$$К = Ж \cdot З \cdot И: (4+1)^4 \cdot (5+1)^4 \cdot (4+1)^1 \cdot (5+1)^2 \cdot (4+1)^1 \cdot (5+1)^2$$
$$= 5^4 \cdot 6^4 \cdot 5^1 \cdot 6^2 \cdot 5^1 \cdot 6^2 = 5^6 \cdot 6^8.$$
Таким образом, из пункта А в пункт К есть 6 маршрутов, проходящих через 5 городов, и 8 маршрутов, проходящих через 6 городов.
11) Ответ: 6.

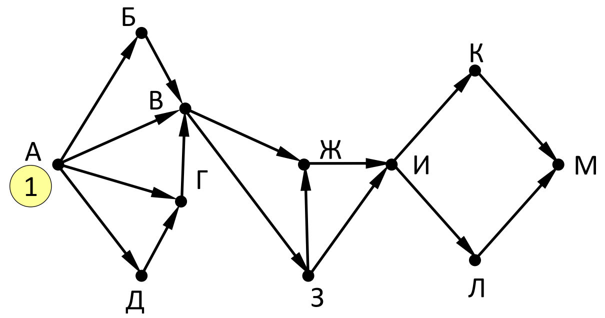
Ещё пример задания:

Р-05. (**демо-2021**) *На рисунке представлена схема дорог, связывающих города А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, З, И, К, Л, М. По каждой дороге можно двигаться только в одном направлении, указанном стрелкой. Сколько существует различных путей из города А в город М, проходящих через город В?*

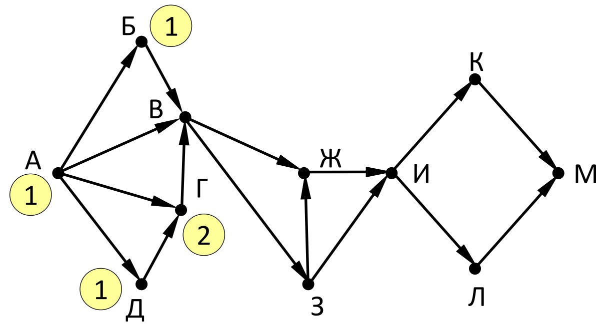


Решение:

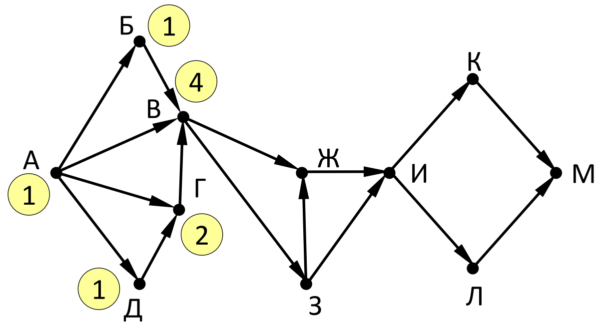
1) нас интересуют пути, проходящие через город В, поэтому на первом этапе отсекаем все ребра, которые позволяют на пути от А к М обойти город В; это рёбра БЕ, ГЗ и ДЗ;
2) получается, что вершину Е тоже можно убрать, потому что в неё не ведёт ни одна стрелка;
3) начальную вершину помечаем единицей (1 путь из А в А, никуда не ехать):



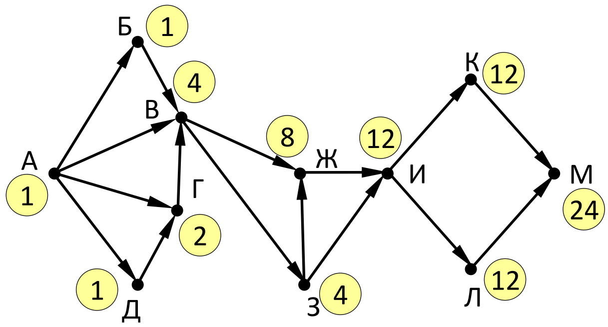
4) в вершины Б и Д можно ехать только из А, поэтому помечаем их тоже единицами; в вершину Г можно приехать из А (метка 1) и из Д, поэтому метка вершины Г – 2:



5) в вершину В можно приехать из Б (метка 1), А (метка 1) и Г (метка 2), так что метка вершины В равна 1 + 1 + 2 = 4:



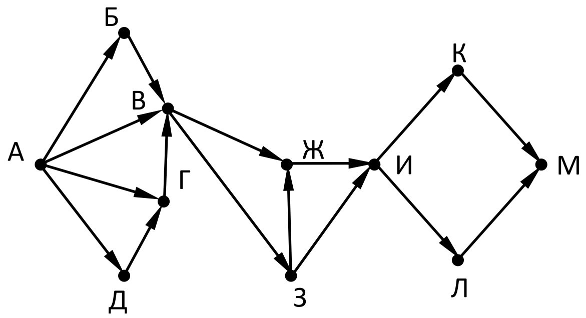
6) в вершину З можно ехать только из В, поэтому её метка тоже равна 4; для вершины Ж складываем метки В и З (4 + 4 = 8), а для И – складываем метки Ж и З (8 + 4 = 12)



7) для вершин К и М получаем по 12 путей, а для М - 24
8) Ответ: 24.

Решение (И.В. Степанов):

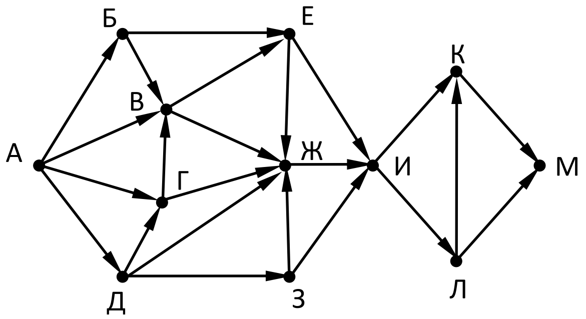
1) нас интересуют пути, проходящие через город В, поэтому на первом этапе отсекаем все ребра, которые позволяют на пути от А к М обойти город В; это рёбра БЕ, ГЗ и ДЗ;
2) получается, что вершину Е тоже можно убрать, потому что в неё не ведёт ни одна стрелка;



3) Рассмотрим все пути из А в В, просматривая вершины сверху вниз. Их всего 4: АБВ, АВ, АГВ и АДГВ.
4) Теперь рассмотрим все пути из В в И (узловая точка через которую проходят все дороги в направлении М). Из В в И ведут 3 дороги: ВЖИ, ВЗЖИ, ВЗИ.
5) Теперь остается определить дороги из и в М. Их 2: ИКМ и ИЛМ.
6) Остается определить общее количество возможных путей. По правилу произведения комбинаторики N= 4*3*2=24.
7) Ответ: 24.

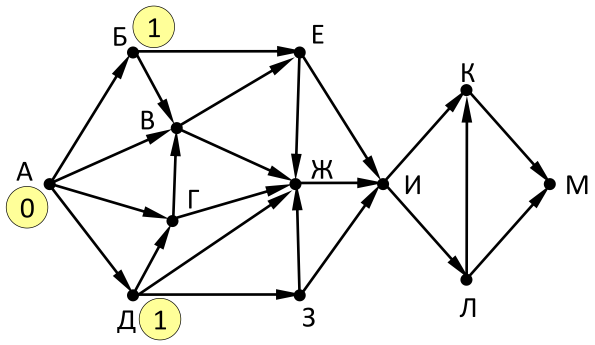
Ещё пример задания:

Р-04. (**Досрочный ЕГЭ-2020**) *На рисунке представлена схема дорог, связывающих города А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, З, И, К, Л, М. По каждой дороге можно двигаться только в одном направлении, указанном стрелкой. Какова длина самого длинного пути из города А в город М? Длиной пути считать количество дорог, составляющих этот путь.*

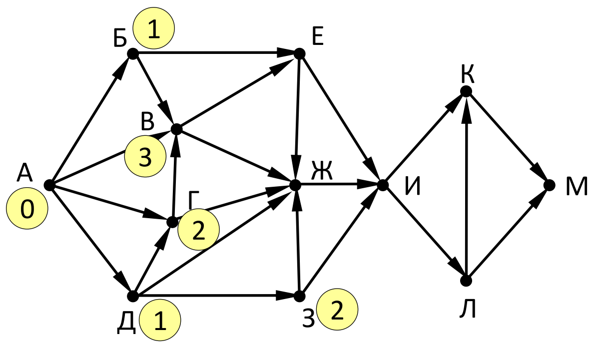


Решение:

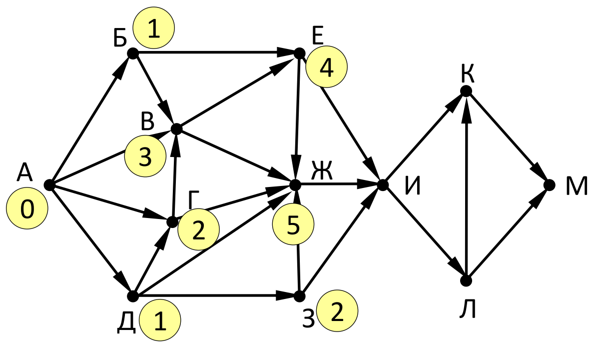
1) воспользуемся методом динамического программирования; индексом вершины назовем наибольшую длину пути из вершины А в эту вершину
2) поступим почти так же, как и в рассмотренных ранее (ниже) задачах на вычисление количества маршрутов, но при определении индекса очередной вершины Х вместо суммы индексов предыдущих вершин (как это было в задачах на количество путей) будем брать наибольшее шее из значений индексов предыдущих вершин + 1
3) у вершины А индекс 0, у тех вершин (Б и Д), в которые можно приехать только из А, индекс 0 + 1 = 1:



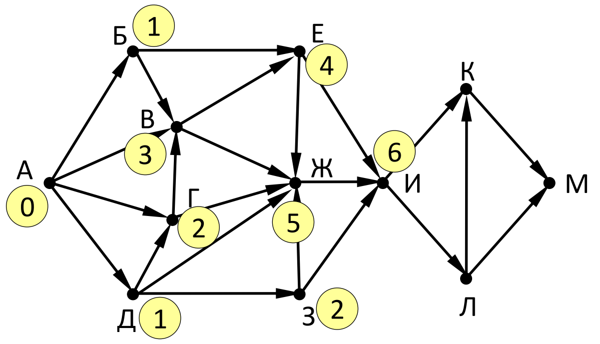
4) далее, у вершины З – индекс 1 + 1 = 2, у вершины Г: 1+max(0, 1) = 2, а у вершины В: 1+max(0, 1, 2) = 3



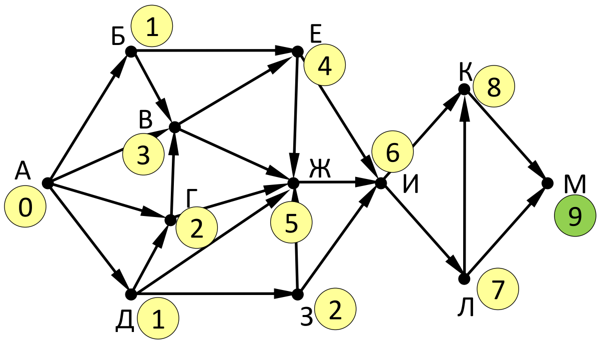
5) у вершины Е индекс 1+max(1,3) = 4, у вершины Ж – 1+max(1,2,3,4) = 5



6) индекс вершины И: 1+max(2, 4, 5) = 6



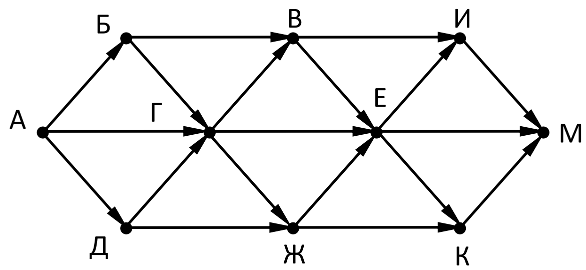
7) остается также поставить индексы остальных вершин



8) Ответ: 9.

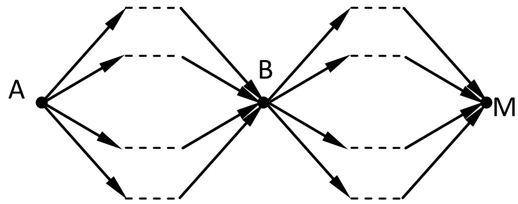
Ещё пример задания:

Р-03. *На рисунке – схема дорог, связывающих города А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, И, К, М. По каждой дороге можно двигаться только в одном направлении, указанном стрелкой. Сколько существует различных путей, ведущих из города А в город М и проходящих через город В?*

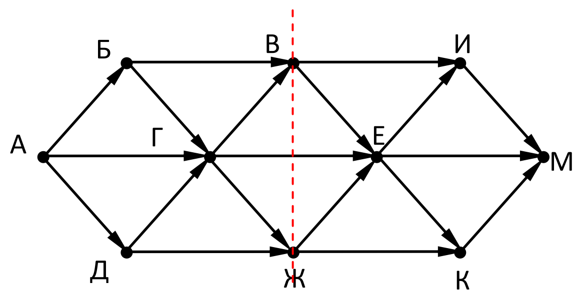


Решение:

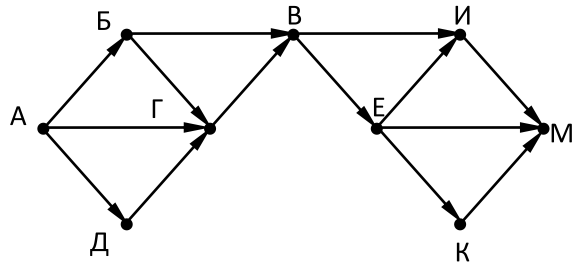
1) для того, чтобы оставить только маршруты, проходящие через вершину В, нужно представить граф в таком виде, «собрав его в пучок» около вершины В:



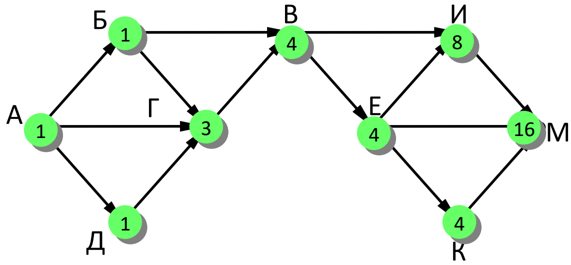
2) проведём сечение графа через вершину В:



3) обратим внимание на такой факт: если мы перешли через линию сечения из левой части в правую по ребру ГЕ или через вершину Ж, мы уже никак не попадём в вершину В (нет рёбер с «обратным направлением», поэтому эти маршруты запрещены; для более сложных случаев, когда такие рёбра с «обратным направлением» есть, нужно перерисовать граф (или провести сечение иначе) так, чтобы все вершины, ИЗ которых можно попасть в В, оказались слева от линии сечения
4) в данном случае выбрасывается вершина Ж, все связанные с ней рёбра, и ребро ГЕ:



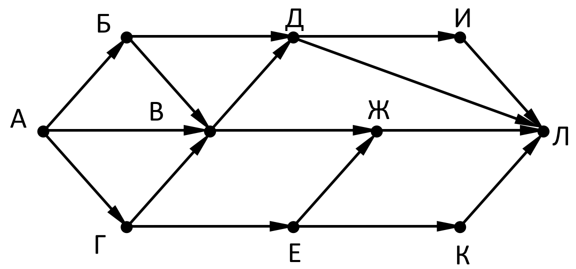
5) дальше используем стандартный метод (см. разбор следующей задачи)
6) покажем только окончательный результат:



7) Ответ: 16.

Ещё пример задания:

Р-02. *На рисунке – схема дорог, связывающих города А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, И, К, Л. По каждой дороге можно двигаться только в одном направлении, указанном стрелкой. Сколько существует различных путей из города А в город Л?*



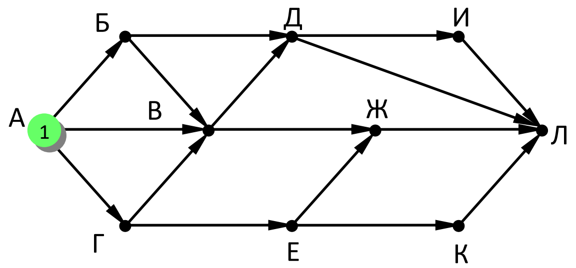
Решение:

1) будем обозначать через N_X количество различных путей из города А в город Х
2) для города А есть только один маршрут – никуда не двигаться, поэтому $N_А = 1$
3) для любого города Х количество маршрутов N_X можно вычислить как

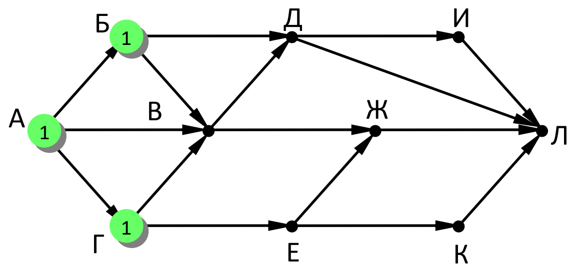
   $N_x = N_y + \ldots + N_z$

   где сумма взята по всем вершинам, из которых есть прямой путь в вершину Х; например,

   $N_Л = N_И + N_Ж + N_К$
4) около каждого города будем записывать количество маршрутов из А в этот город
5) начнем считать количество путей с начала маршрута – с города А:



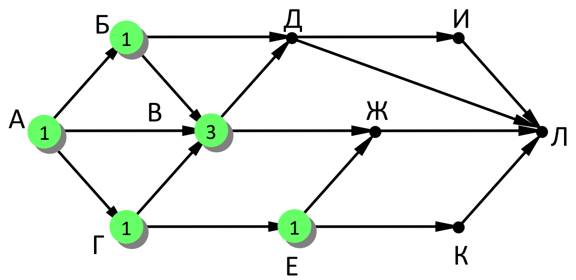
6) теперь находим те вершины, в которые можно попасть напрямую из уже рассмотренных вершин (пока – только из А), это Б и Г, для них тоже количество путей равно 1:



7) теперь можно определить количество путей для В и Е; в В можно приехать только из А, Б и Г, а в Е – только из Г:

   $N_В = N_А + N_Б + N_Г = 1 + 1 + 1 = 3$

   $N_Е = N_Г = 1$

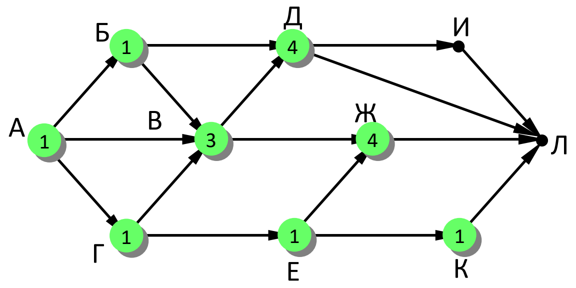


8) теперь можно определить количество путей для Д, Ж и К; в Д можно приехать только из Б и В, в Ж – из В и Е, а в Е – только из Г:

$N_Д = N_Б + N_В = 1 + 3 = 4$

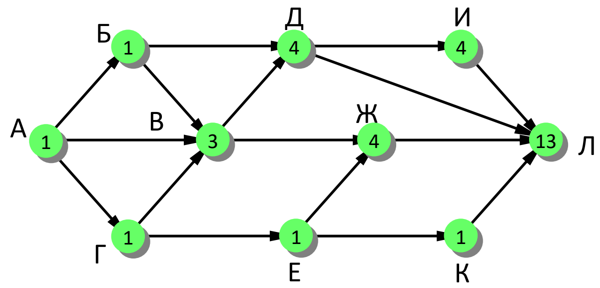
$N_Ж = N_В + N_Е = 3 + 1 = 4$

$N_К = N_Е = 1$



9) теперь можно определить количество путей для И, куда можно приехать только из Д ($N_И = N_Д$) и, наконец, для Л:

$N_Л = N_Д + N_И + N_Ж + N_К = 13$



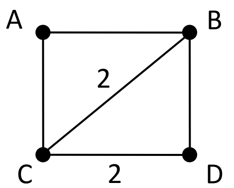
10) Ответ: 13.

Ещё пример задания:

Р-01. *Города A, B, C и D связаны дорогами*. Известно, что существуют дороги между городами *A и C, C и B (две дороги), A и B, C и D (две дороги), B и D. Сколькими различными способами можно проехать из города A в город D, не заезжая дважды в один город?*

Решение:

1) нарисуем граф, в котором множественные дороги из одного города в другой будем обозначать одной дугой и подписывать около неё количество дорог:



2) выпишем все маршруты, по которым можно ехать из A в D так, чтобы дважды не проезжать один и тот же город:

$A \xrightarrow{1} B \xrightarrow{1} D$ $A \xrightarrow{1} C \xrightarrow{2} D$ $A \xrightarrow{1} B \xrightarrow{2} C \xrightarrow{2} D$ $A \xrightarrow{1} C \xrightarrow{2} B \xrightarrow{1} D$

3) теперь рассмотрим маршрут $A \to B \to D$; на всех участках только одна дорога, поэтому есть только один такой маршрут

4) для маршрута $A \to C \to D$: на первом участке только одна дорога, на втором – две, общее число маршрутов равно произведению этих чисел: 1*2 = 2

5) аналогично находит количество различных путей по другим маршрутам

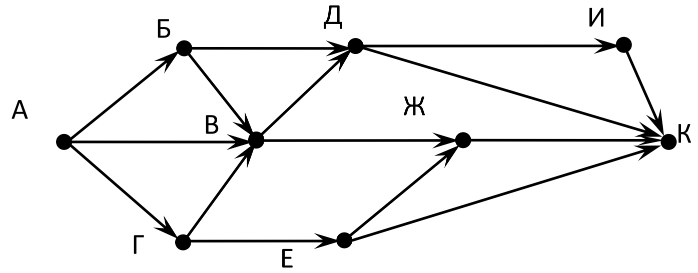
$A \to B \to C \to D$: 1*2*2 = 4

$A \to C \to B \to D$: 1*2*1 = 2

6) всего получается 1 + 2 + 4 + 2 = 9.
7) Ответ: 9.

Еще пример задания:

Р-00. *На рисунке – схема дорог, связывающих города А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, И, К. По каждой дороге можно двигаться только в одном направлении, указанном стрелкой. Сколько существует различных путей из города А в город К?*



Решение (1 вариант, подстановки):

1) начнем считать количество путей с конца маршрута – с города К
2) будем обозначать через N_X количество различных путей из города А в город Х
3) общее число путей обозначим через N
4) по схеме видно, что $N_Б = N_Г = 1$
5) очевидно, что если в город Х можно приехать только из Y, Z, то $N_X = N_Y + N_Z$, то есть нужно сложить число путей, ведущих из А во все города, откуда можно приехать в город Х
6) поскольку в К можно приехать из Е, Д, Ж или И, поэтому
   $N = N_К = N_Д + N_Е + N_Ж + N_И$
7) в город И можно приехать только из Д, поэтому $N_И = N_Д$
8) в город Ж можно приехать только из Е и В, поэтому
   $N_Ж = N_Е + N_В$
9) подставляем результаты пп. 6 и 7 в формулу п. 5:
   $N = N_В + 2N_Е + 2N_Д$
10) в город Д можно приехать только из Б и В, поэтому
   $N_Д = N_Б + N_В$
   так что
   $N = 2N_Б + 3N_В + 2N_Е$
11) в город Е можно приехать только из Г, поэтому $N_Е = N_Г$ так что
   $N = 2N_Б + 3N_В + 2N_Г$
12) по схеме видно, что $N_Б = N_Г = 1$, кроме того, $N_В = 1 + N_Б + N_Г = 3$
13) окончательно $N = 2N_Б + 3N_В + 2N_Г = 2 \cdot 1 + 3 \cdot 3 + 2 \cdot 1 = 13$
14) Ответ: 13.

Решение (2 вариант, удобная форма записи):

1) начнем считать количество путей с конца маршрута – с города К
2) записываем для каждой вершины, из каких вершин можно в нее попасть
   К ← ИДЖЕ
   И ← Д
   Ж ← ВЕ
   Е ← Г
   Д ← БВ
   Г ← А

вершина	откуда?
К	ИДЖЕ
И	Д
Ж	ВЕ
Е	Г
Д	БВ
Г	А
В	АБГ
Б	А

В ← АБГ

Б ← А

3) теперь для удобства «обратного хода» вершины можно отсортировать так[1], чтобы сначала шли все вершины, в которые можно доехать только из начальной точки А:

   Б ← А

   Г ← А

   затем на каждом шаге добавляем те вершины, в которые можно доехать из уже добавленных в список (и из исходной точки):

   В ← АБГ

   Е ← Г

   далее добавляем все вершины, куда можно доехать из А, Б, Г, В и Е:

   Д ← БВ

   Ж ← ВЕ

   на следующем шаге добавляем вершину И

   И ← Д

   и, наконец, конечную. вершину

   К ← ИДЖЕ

   именно в таком порядке мы и будем вычислять количество путей для каждой вершины

вершина	откуда?	N
Б	А	1
Г	А	1
В	АБГ	3
Е	Г	1
Д	БВ	4
Ж	ВЕ	4
И	Д	4
К	ИДЖЕ	13

4) теперь идем по полученному списку вершин, полагая, что количество вариантов попасть в вершину равно суммарному количеству вариантов попасть в ее непосредственных предшественников.

   $N_{Б} = 1$, $N_{Г} = 1$

   $N_{В} = 1+1+1 = 3$, $N_{Е} = 1$

   $N_{Д} = 1+3 = 4$, $N_{Ж} = 3 + 1 = 4$

   $N_{И} = 4$,

   $N = N_{К} = 4 + 4 + 4 + 1 = 13$

5) заметим, что вершины можно и не сортировать специально, а просто выбирать возможный порядок вычисления: проверять, какие значения известны и какие можно рассчитать с их помощью на следующем шаге

6) Ответ: 13.

Возможные ловушки и проблемы:

- очень важна аккуратность и последовательность; сначала идем от конечной точки к начальной, выписывая все вершины, из которых можно приехать в данную; затем идем обратно, определяя числовые значения
- построение полного дерева маршрутов – занятие трудоемкое и достаточно бесперспективное, даже грамотные учителя информатики здесь в большинстве случаев что-то забывают и ошибаются

Решение (3 вариант, перебор вершин по алфавиту):

1) Запишем вершины в алфавитном порядке и для каждой из них определим, из каких вершин можно в нее попасть

   Б ← А

   В ← АБГ

   Г ← А

   Д ← БВ

   Е ← Г

вершина	откуда?
Б	А
В	АБГ
Г	А
Д	БВ
Е	Г
Ж	ВЕ
И	Д
К	ИДЖЕ

[1] Такая процедура называется *топологической сортировкой графа*.

Ж ← ВЕ

И ← Д

К ← ИДЖЕ

2) теперь определяем количество путей; сначала ставим 1 для тех вершин, в которые можно проехать только из начальной (А):

вершина	откуда?	N
Б	А	1
В	АБГ	
Г	А	1
Д	БВ	
Е	Г	
Ж	ВЕ	
И	Д	
К	ИДЖЕ	

3) затем на каждом шаге добавляем те вершины, в которые можно доехать из уже добавленных в список (и из исходной точки):

вершина	откуда?	N
Б	А	1
В	АБГ	3
Г	А	1
Д	БВ	
Е	Г	1
Ж	ВЕ	
И	Д	
К	ИДЖЕ	

4) следующий шаг

вершина	откуда?	N
Б	А	1
В	АБГ	3
Г	А	1
Д	БВ	4
Е	Г	1
Ж	ВЕ	4
И	Д	
К	ИДЖЕ	

5) и последние 2 шага

вершина	откуда?	N
Б	А	1
В	АБГ	3
Г	А	1
Д	БВ	4
Е	Г	1
Ж	ВЕ	4
И	Д	4
К	ИДЖЕ	13

6) Ответ: 13.

Решение (4 вариант, перебор всех путей с начала, А. Яфарова):

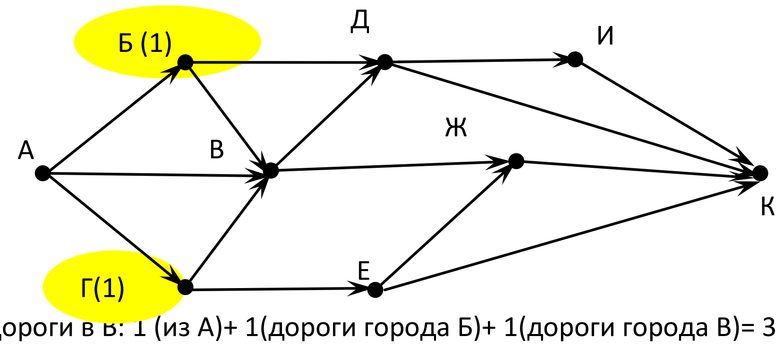
1) запишем все вершины, в которые есть прямой путь из вершины А: Б, В и Г; получается три начальных отрезка:
   АБ, АВ, АГ
2) рассмотрим маршрут АБ: из Б можно ехать в В и Д, поэтому получаем два маршрута:
   АБ***В***, АБ***Д***
3) рассматриваем конечные точки этих маршрутов: из В можно ехать в Д и Ж, а из Д – в И и К:
   АБВ***Д***, АБВ***Ж***, АБД***И***, АБД***К***
4) снова смотрим на конечные точки: из Д едем в И и К, из Ж и И – только в К:
   АБВД***И***, АБВД***К***, АБВЖ***К***, АБДИ***К***, АБДК
5) из И едем только в К, таким образом, все возможные маршруты, содержащие участок АБ, доведены до конечной точки К, всего **5 таких маршрутов**:
   АБВДИ***К***, АБВДК, АБВЖК, АБДИК, АБДК
6) затем аналогично рассматриваем маршруты, которые начинаются с АВ:
   АВД, АВЖ
   АВДИ, АВДК, АВЖК
   АВДИК, АВДК, АВЖК
   всего **3 маршрута**
7) наконец, остается рассмотреть маршруты, которые начинаются с АГ:
   АГВ, АГЕ
   АГВД, АГВЖ, АГЕЖ, АГЕК
   АГВДИ, АГВДК, АГВЖК, АГЕЖК, АГЕК
   АГВДИК, АГВДК, АГВЖК, АГЕЖК, АГЕК
   всего **5 маршрутов**
8) складываем количество маршрутов для всех начальных участков: 5 + 3 + 5 = 13
9) Ответ: 13.

Возможные проблемы:

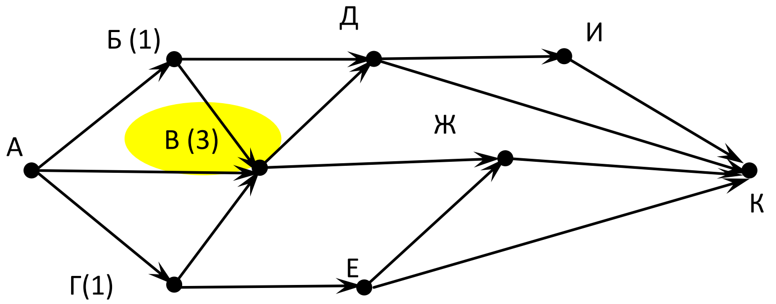
- при большом количестве маршрутов легко запутаться и что-то пропустить

Решение (5 вариант, графический, О.О. Грущак, КузГПА):

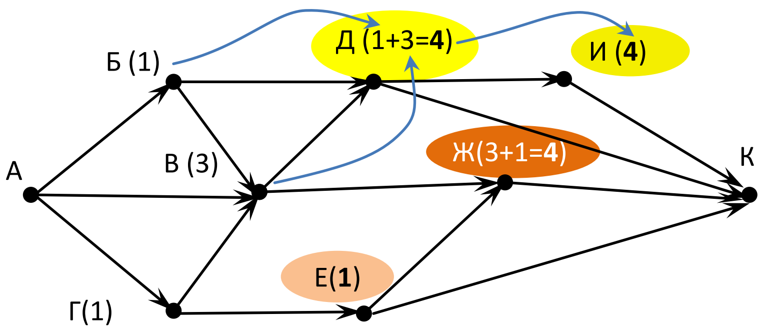
1) Главную идею решения: (число дорог в город N есть сумма дорог, приводящих в города, из которых есть прямой проезд в город N), отразим на самой схеме, показывая на ней ЧИСЛО ДОРОГ, приводящих в каждый город.
2) Последовательность очевидна: начинаем с Б и Г (городов, куда есть по 1-й дороге из А)



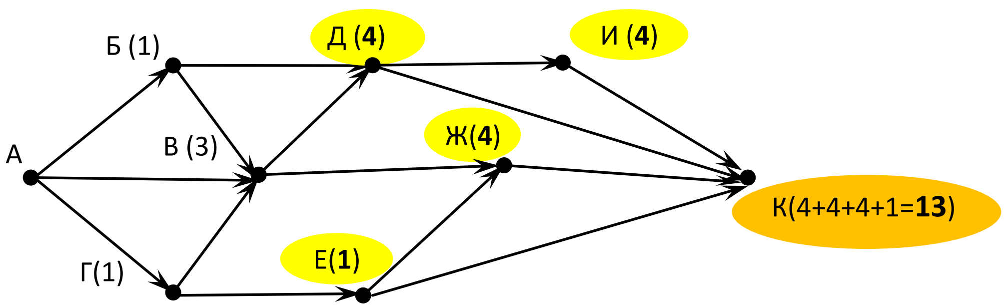
3) Посчитаем дороги в В: 1 (из А)+ 1(дороги города Б)+ 1(дороги города В)= 3



4) Аналогично посчитаем дороги в Д, И, Е, Ж:



5) Определяем число дорог в город К, как сумму дорог в города, с которыми он связан: Д, И, Ж, Е.



6) Ответ: 13.