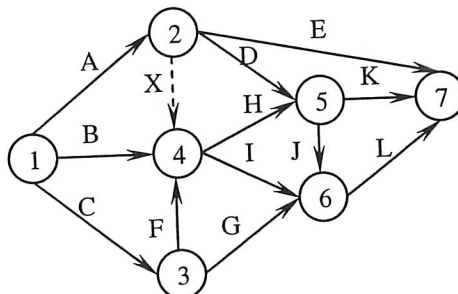


V síťovém grafu máme nyní zakresleny všechny činnosti. Poslední podmínka, kterou by síťový graf měl ještě splňovat, je podmínka existence jediného vstupu a výstupu. Činnosti E, K a L musí tedy končit v jednom uzlu, který bude současně výstupem ze sítě. Pak provedeme odpovídající přechíslování uzlů:



Tímto posledním krokem máme síťový graf hotov. Sami ještě jednou prověřte, že jsou všechny 4 požadované podmínky splněny.

## 9.2 Metoda CPM

Dva přístupy:  
 - deterministický - CPM  
 - pravděpodobnostní - PERT

Dvěma neznámějšími metodami pro časovou analýzu projektu jsou Metoda kritické cesty - CPM (z anglického „Critical Path Method“) a metoda PERT (podle anglického „Program Evaluation and Review Technique“). Obě vznikly v 50. letech 20. století jako reakce na požadavky z praxe. Zatímco CPM předpokládá deterministicky určené délky trvání jednotlivých činností, PERT pracuje s pravděpodobnostním odhadem trvání činností. Tato kapitola se dále zabývá metodou CPM, následující kapitola se pak zabývá metodou PERT.

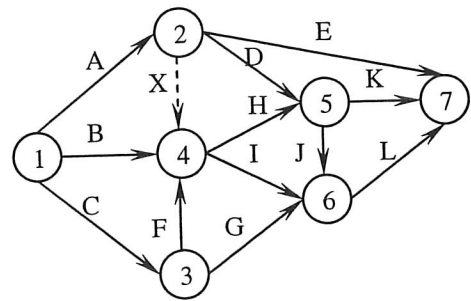
Algoritmus metody CPM se skládá ze čtyř fází výpočtů:

- I. fáze: Výpočet nejdříve možných začátků a konců činností.
- II. fáze: Výpočet nejpozději přípustných začátků a konců prováděných činností.
- III. fáze: Výpočet celkových časových rezerv.
- IV. fáze: Interpretace získaných výsledků.

Pro algoritmus CPM budeme potřebovat označení činností, různých dob trvání, termínů a časových rezerv, konkrétně:

- $(i,j)$  je činnost s počátkem v uzlu  $i$  a koncem v uzlu  $j$ ,
- $y_{ij}$  je ohodnocení - doba trvání činnosti  $(i,j)$ ,
- $t_i^{(0)}$  je termín nejdříve možného zahájení činností vycházejících z uzlu  $i$ ,
- $t_i^{(0)} + y_{ij}$  je termín nejdříve možného ukončení činnosti  $(i,j)$ ,
- $t_j^{(1)}$  je termín nejpozději přípustného ukončení činností končících v uzlu  $j$ ,
- $t_j^{(1)} - y_{ij}$  je termín nejpozději přípustného zahájení činnosti  $(i,j)$ ,
- $T_p$  je plánovaná délka trvání celého projektu.

V síťovém grafu máme nyní zakresleny všechny činnosti. Poslední podmínka, kterou by síťový graf měl ještě splňovat, je podmínka existence jediného vstupu a výstupu. Činnosti E, K a L musí tedy končit v jednom uzlu, který bude současně výstupem ze sítě. Pak provedeme odpovídající přečíslování uzlů:



Tímto posledním krokem máme síťový graf hotov. Sami ještě jednou prověřte, že jsou všechny 4 požadované podmínky splněny.

## 9.2 Metoda CPM

Dvěma neznámějšími metodami pro časovou analýzu projektu jsou Metoda kritické cesty - CPM (z anglického „Critical Path Method“) a metoda PERT (podle anglického „Program Evaluation and Review Technique“). Obě vznikly v 50. letech 20. století jako reakce na požadavky z praxe. Zatímco CPM předpokládá deterministicky určené délky trvání jednotlivých činností, PERT pracuje s pravděpodobnostním odhadem trvání činností. Tato kapitola se dále zabývá metodou CPM, následující kapitola se pak zabývá metodou PERT.

Algoritmus metody CPM se skládá ze čtyř fází výpočtů:

- I. fáze:** Výpočet nejdříve možných začátků a konců činností.
- II. fáze:** Výpočet nejpozději přípustných začátků a konců prováděných činností.
- III. fáze:** Výpočet celkových časových rezerv.
- IV. fáze:** Interpretace získaných výsledků.

Pro algoritmus CPM budeme potřebovat označení činností, různých dob trvání, termínů a časových rezerv, konkrétně:

- $(i,j)$  je činnost s počátkem v uzlu  $i$  a koncem v uzlu  $j$ ,
- $y_{ij}$  je ohodnocení - doba trvání činnosti  $(i,j)$ ,
- $t_i^{(0)}$  je termín nejdříve možného zahájení činností vycházejících z uzlu  $i$ ,
- $t_i^{(0)} + y_{ij}$  je termín nejdříve možného ukončení činnosti  $(i,j)$ ,
- $t_j^{(1)}$  je termín nejpozději přípustného ukončení činností končících v uzlu  $j$ ,
- $t_j^{(1)} - y_{ij}$  je termín nejpozději přípustného zahájení činnosti  $(i,j)$ ,
- $T_p$  je plánovaná délka trvání celého projektu.

V jednotlivých fázích výpočtu postupujeme takto:

**I. fáze:** Postup “od začátku do konce”. Výpočet nejdříve možných termínů začátků a konců činností provádíme tak, že pro první uzel zadáme  $t_1^{(0)} = 0$  a pro další uzly hledáme

$$t_j^{(0)} = \max(t_i^{(0)} + y_{ij}), i = 1, 2, \dots, n.$$

**II. fáze:** Postup “od konce k začátku”. Výpočet nejpozději přípustných začátků a konců prováděných činností provádíme tak, že pro poslední uzel zadáme  $t_n^{(1)} = T_p$  a pro další uzly hledáme

$$t_i^{(1)} = \min(t_j^{(1)} - y_{ij}), j = n, \dots, 2, 1.$$

**III. fáze:** Celkové časové rezervy (CR) činností jsou časy, které je možno čerpat, aniž se prodlouží trvání celého projektu. Časové rezervy pro činnost  $(i,j)$  se dají vypočítat pomocí:

$$CR_{ij} = t_j^{(1)} - t_i^{(0)} - y_{ij}.$$

Jestliže pro některou činnost  $k$  platí  $t_k^{(1)} = t_k^{(0)}$ , pak je pro tuto činnost časová rezerva nulová. Činnosti s nulovou celkovou rezervou se nazývají **kritické činnosti** a tvoří **kritickou cestu** mezi vstupem a výstupem sítě. Kritické činnosti rozhodují o délce trvání celého projektu.

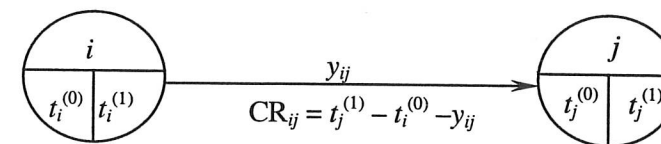
Pro zadanou plánovanou délku trvání celého projektu  $T_p$  platí, že když  $T_p \geq t_n^{(0)}$ , pak na kritických hranách budou nezáporné rezervy, projekt je možno realizovat v plánovaném čase a projekt má časovou rezervu. Když  $T_p < t_n^{(0)}$ , pak projekt není možno realizovat v plánovaném čase bez zkrácení doby trvání některých činností.

Výpočet termínů metodou CPM se provádí buď v tabulce, nebo v grafu:

Pro výpočet v tabulce se do tabulky postupně wpisují položky:

$(i,j)$	$y_{ij}$	$t_i^{(0)}$	$t_i^{(0)} + y_{ij}$	$t_j^{(1)} - y_{ij}$	$t_j^{(1)}$	$CR_{ij}$
---------	----------	-------------	----------------------	----------------------	-------------	-----------

Pro výpočet v grafu se wpisují jednotlivé položky do značení uzlů (horní polovina, dolní levá a pravá čtvrtina) a pod a nad jednotlivé hrany grafu:



Oba postupy budou demonstrovány na konkrétním příkladě. Nejprve samostatně sestavte síťový graf projektu a až potom se podívejte na výsledný graf projektu. Pokuste se pochopit každý krok algoritmu, v případě nejasnosti se vraťte, dokud vám postup nebude úplně jasný.

### Příklad:

Projekt zavedení nového druhu výrobku zahrnuje 12 činností (A až L). V následující tabulce jsou zadané předchozí činnosti a doba trvání ve dnech.

Časové rezervy

Kritická činnost  
Kritická cesta

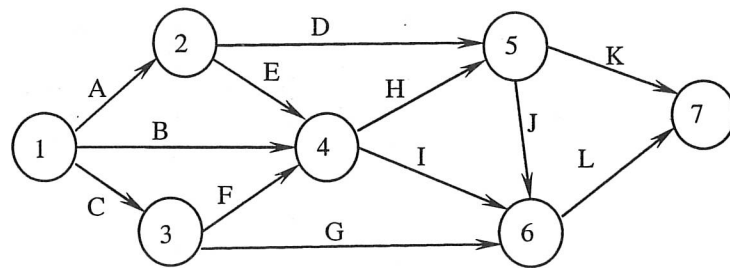


Sestrojte síťový graf projektu a nalezněte kritickou cestu. Je možné ukončit projekt za jeden měsíc?

Činnost	Předcházející činnost	Doba trvání
A	-----	5
B	-----	10
C	-----	6
D	A	6
E	A	1
F	C	2
G	C	5
H	E, B, F	8
I	E, B, F	7
J	D, H	9
K	D, H	7
L	G, I, J	12

**Řešení**

Síťový graf, který jste sestavili podle pravidel minulého odstavce, by měl vypadat jak ten, který vidíte na obrázku:



Nejprve si na tomto projektu vyzkoušíte výpočet prováděný v tabulce. Do tabulky zaznačíte všechno, co se dá vyčíst ze zadání a ze síťového grafu. Začnete vyplněním prvního sloupce: vepište tam všechny hrany (činnosti) ve tvaru (i,j), do druhého sloupce pak vyplňte všechna ohodnocení hran (délky činností)  $y_{ij}$ . Následující tabulka již je takto předvyplněna, ostatní volná políčka v tabulce již vyplníte samostatně podle následujícího postupu. Na konci řešení příkladu naleznete, jak má výsledná tabulka vypadat.

(i,j)	$y_{ij}$	$t_i^{(0)}$	$t_i^{(0)} + y_{ij}$	$t_j^{(1)} - y_{ij}$	$t_j^{(1)}$	CR <sub>ij</sub>
(1,2)	5					
(1,3)	6					
(1,4)	10					
(2,4)	1					
(2,5)	6					
(3,4)	2					
(3,6)	5					
(4,5)	8					
(4,6)	7					
(5,6)	9					
(5,7)	7					
(6,7)	12					

Způsob výpočtu v tabulce

V první fázi výpočtu „od začátku do konce“ položíme nejprve termín nejdříve možného zahájení  $t_i^{(0)}$  roven 0 pro činnosti, které vycházejí z uzlu 1, tedy pro činnosti (1,2), (1,3) a (1,4), protože těmto činnostem nepředchází žádná jiná činnost. Termín jejich nejdříve možného ukončení, který se zapisuje do sloupce  $t_i^{(0)} + y_{ij}$ , bude záviset pouze na délce těchto činností.

Činnostem, které začínají v uzlu 2, předchází jen činnost (1,2), která končila v čase 5. To znamená, že termínem nejdříve možného zahájení činností vycházejících z uzlu 2 je hodnota 5.

Činnostem, které mají počátek v uzlu 3, předchází pouze činnost (1,3), která skončila v čase 6. To znamená, že pro činnosti s počátkem v uzlu 3 bude termínem nejdříve možného zahájení činností hodnota 6. Vyplňte odpovídající sloupec termínů nejdříve možného ukončení činností vycházejících z uzlu 2 a 3. Činnostem s počátkem v uzlu 4 předchází tři činnosti: činnost (1,4), která končí v čase 10, činnost (2,4), která končí v čase 6, a činnost (3,4), která končí v čase 8. Protože činnosti, které začínají v čase 4, mohou začít až po skončení všech předchozích činností, termínem nejdříve možného zahájení činností vycházejících z uzlu 4 bude ten poslední z nich, konkrétně je to čas 10.

Činnostem s počátkem v bodě 5 předchází dvě činnosti: (2,5), která končí v čase 11, a (4,5), která končí v čase 18. Činnosti s počátkem v bodě 5 mohou proto začít až v čase 18.

V posledním kroku první fáze algoritmu určíme termín nejdříve možného zahájení činností vycházející z uzlu 6 a termín jejího nejdříve možného ukončení. V uzlu 6 končí tři činnosti, a to činnost (3,6) v čase 11, činnost (4,6) v čase 17 a (5,6) v čase 27. Maximum ze všech nejdříve možných ukončení činností končících v uzlu 6 je 27. Doplňte hodnoty do tabulky. Poslední vypočítané číslo, čas 39, je termín nejdříve možného ukončení celého projektu. Tím je ukončena první fáze výpočtu. Máme vyplněny první 4 sloupce tabulky:

(i,j)	$y_{ij}$	$t_i^{(0)}$	$t_i^{(0)} + y_{ij}$	$t_j^{(1)} - y_{ij}$	$t_j^{(1)}$	CR <sub>ij</sub>
(1,2)	5	0	5			
(1,3)	6	0	6			
(1,4)	10	0	10			
(2,4)	1	5	6			
(2,5)	6	5	11			
(3,4)	2	6	8			
(3,6)	5	6	11			
(4,5)	8	10	18			
(4,6)	7	10	17			
(5,6)	9	18	27			
(5,7)	7	18	25			
(6,7)	12	27	39			

V tomto okamžiku také dokážete odpovědět na otázku ze zadání příkladu, zda je možné dokončit projekt za 1 měsíc. Odpověď zní NE – měsíc má maximálně 31 dní.

### 2. fáze CPM

Druhá fáze výpočtu metody CPM představuje „zpětný chod“ a vyplníte při ní další dva sloupce tabulky. Na rozdíl od první fáze budeme tabulku vyplňovat zdola nahoru, tedy „od konce k začátku“ projektu. Budeme předpokládat, že projekt má být dokončen v termínu nejdříve možného ukončení celého projektu, tj. v čase 39, který vyplníte do tabulky do řádků činností končících v uzlu 7 ve sloupci  $t_j^{(1)}$  - termín nejpozději přípustného ukončení činností končících v uzlu 7. Pak vypočítáte termín nejpozději přípustného zahájení činností končících v uzlu 7, tedy termíny, kdy nejpozději musí tyto činnosti začít, aby byl dodržen termín projektu.

Termín nejpozději přípustného ukončení činností končících v uzlu 6 bude 27, protože žádná jiná činnost než činnost (6,7) v uzlu 6 nezačíná a její nejpozději přípustné zahájení je v čase 27.

Termín nejpozději přípustného ukončení činností končících v uzlu 5 bude minimum z termínů nejpozději přípustného zahájení činností začínajících v uzlu 5. Činnosti začínající v uzlu 5 jsou dvě: činnost (5,7) musí začít nejpozději v čase 32 a činnost (5,6) musí začít nejpozději v čase 18. Minimum je čas 18. Doplňte příslušné hodnoty do tabulky.

Termín nejpozději přípustného ukončení činností končících v uzlu 4 bude minimum z termínů nejpozději přípustného zahájení činností začínajících v uzlu 4. Činnosti začínající v uzlu 4 jsou opět dvě: (4,6) musí začít nejpozději v čase 20 a (4,5) nejpozději v čase 10. Minimum je čas 10.

Analogicky vyplňte první dva řádky v tabulce: termín nejpozději přípustného ukončení činností končících v uzlu 3 bude minimum z termínů nejpozději přípustného zahájení činností začínajících v uzlu 3, tedy hodnota 8. Termín nejpozději přípustného ukončení činností končících v uzlu 2 bude minimum z termínů nejpozději přípustného zahájení činností začínajících v uzlu 2, tedy hodnota 9. Tím je ukončena druhá fáze výpočtů metodou CPM.

### 3. fáze CPM

Ve třetí fázi se vypočítají časové rezervy pro jednotlivé činnosti a jako **kritické činnosti** se stanoví ty činnosti, které mají časovou rezervu nulovou. Časovou rezervu vypočítejte ze vztahu  $CR_{ij} = t_j^{(1)} - t_i^{(0)} - y_{ij}$ , který představuje rozdíl mezi nejpozději přípustným ukončením činnosti v uzlu  $j$  a nejdříve možným termínem ukončení činnosti  $(i,j)$ . Výsledná tabulka by měla být identická s tou, kterou jste vyplňovali sami. Kritické činnosti jsou vyznačeny tučně.

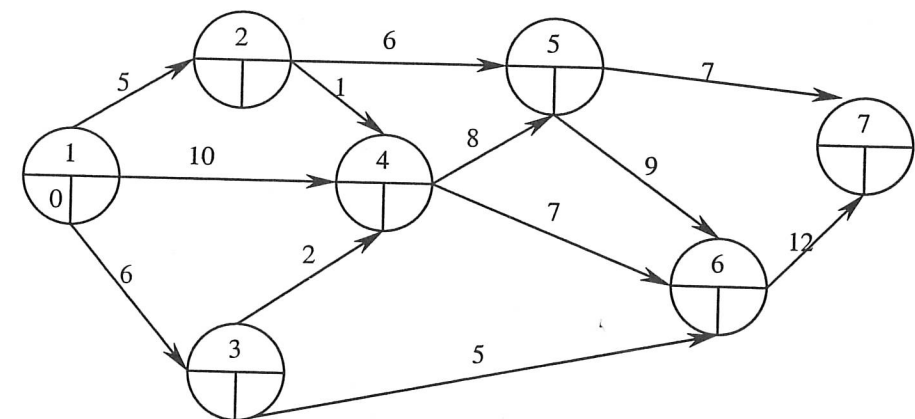
Kritickou cestu tvoří hrany s nulovou časovou rezervou, tedy kritickou cestu tvoří hrany (1,4), (4,5), (5,6) a (6,7). Kdyby se prodloužilo trvání kterékoliv z činností na kritické cestě, prodloužilo by se i trvání celého projektu.

$(i,j)$	$y_{ij}$	$t_i^{(0)}$	$t_i^{(0)} + y_{ij}$	$t_j^{(1)} - y_{ij}$	$t_j^{(1)}$	$CR_{ij}$
(1,2)	5	0	5	4	9	4
(1,3)	6	0	6	2	8	2
<b>(1,4)</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>0</b>
(2,4)	1	5	6	9	10	4
(2,5)	6	5	11	12	18	7
(3,4)	2	6	8	8	10	2
(3,6)	5	6	11	22	27	16
<b>(4,5)</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	<b>0</b>
(4,6)	7	10	17	20	27	10
<b>(5,6)</b>	<b>9</b>	<b>18</b>	<b>27</b>	<b>18</b>	<b>27</b>	<b>0</b>
(5,7)	7	18	25	32	39	14
<b>(6,7)</b>	<b>12</b>	<b>27</b>	<b>39</b>	<b>27</b>	<b>39</b>	<b>0</b>

Druhý způsob použití metody CPM – s využitím síťového grafu – je názornější pro menší projekty, avšak pro velké projekty s několika stovkami činností je těžko realizovatelný. K jeho demonstraci použijeme stejný příklad projektu jako pro předchozí tabulkový způsob.

Způsob výpočtu  
v grafu

V původním síťovém grafu, viz níže uvedený obrázek, vyplníte nejprve čísla uzlů (do horní poloviny uzlů), u jednotlivých hran (činností) uvedete jejich trvání. Začátek projektu v čase 0 vyplníte do levé dolní čtvrtiny uzlu 1. V celé první fázi výpočtů budete vyplňovat pouze levé dolní části jednotlivých uzlů. Vepisujte hodnoty podle návodu přímo do následujícího grafu.

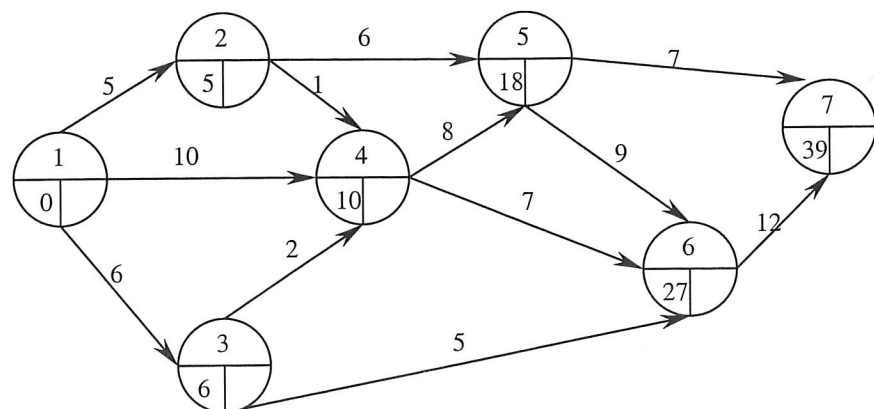


Do levé dolní čtvrtiny uzlů 2 a 3 vepište hodnoty termínů ukončení, protože do nich vstupují jenom hrany s počátkem v uzlu 1. Pro uzel 2 to bude termín nejdříve možného ukončení činnosti (1,2), který je roven součtu termínu nejdříve možného zahájení činnosti (1,2) a délky trvání činnosti (1,2): konkrétně je to  $0 + 5 = 5$ . Pro uzel 3 to bude hodnota 6.

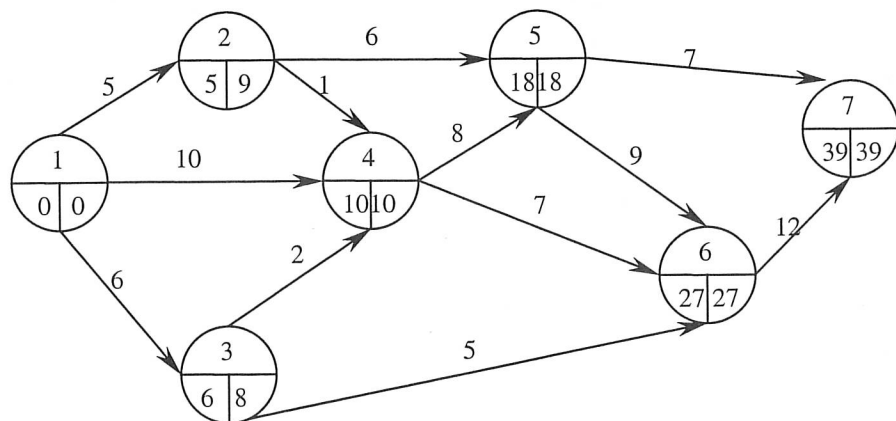
Pokračujte vyplněním termínu nejdříve možného zahájení činností vycházejících z uzlu 4. Najdete jej jako maximum ze všech termínů nejdříve možných ukončení činností končících v uzlu 4, tedy jako maximum

z termínů 6 pro hranu (2,4), 10 pro hranu (1,4) a 8 pro hranu (3,4). Do levé dolní čtvrtiny uzlu 4 doplníte tedy číslo 10.

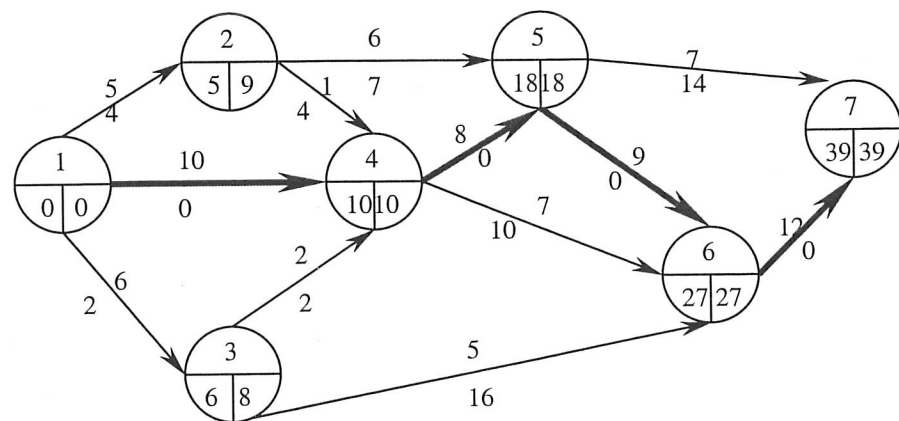
Analogicky postupujeme pro další uzly. Po ukončení první fáze algoritmu by měl být síťový graf projektu vyplněn následujícím způsobem:



Ve druhé fázi budete vyplňovat pouze pravé dolní čtvrtiny uzlů. Tuto fázi začnete u posledního uzlu, kam dosadíte vypočítanou délku celého projektu, tedy hodnotu 39. Dále vyplníte hodnotu nejpozději přípustného zahájení činnosti (6,7), která začíná v uzlu 6. Protože v uzlu 6 nezačíná již žádná jiná činnost, bude to  $39 - 12 = 27$ . Analogicky postupujeme u všech dalších uzlů směrem k začátku. Po ukončení druhé fáze algoritmu by graf měl být vyplněn následujícím způsobem:



V poslední fázi algoritmu vyplníme pod jednotlivé hrany jejich časové rezervy. V síťovém grafu tyto hodnoty obdržíte jako rozdíl hodnoty pravé dolní čtvrtiny u uzlu, do kterého hrana vstupuje a levé dolní čtvrtiny u uzlu, z něhož hrana vystupuje, minus ohodnocení hrany. Hrany, jejichž časová rezerva je nulová, tvoří kritickou cestu (tučně).



Čtvrtá fáze metody CPM je z praktického hlediska ta nejdůležitější. Je jí interpretace získaných výsledků. Předchozí výpočty provede obvykle počítač, zatímco interpretovat výsledky musí člověk - uživatel. Úkolem je obvykle určit, které činnosti se mohou v čase částečně nebo úplně překrývat. Takové úvahy vyžadují v praxi kromě časového zhodnocení též analýzu zdrojů a nákladů. O tom se ještě dozvíte více v dalších kapitolách.

V dané situaci lze uvažovat časové rozvržení jednotlivých činností. K tomu nám poslouží následující tabulka, kde vymezení přípustné doby činnosti (mezi nejdříve možným začátkem a nejpozději přípustným koncem) je vyznačeno rámečkem a skutečná doba trvání projektu je vystínovaná. V první části tabulky jsou uvedeny kritické činnosti, tak, jak následují za sebou.

Činnost	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40
B								
H								
J								
L								
A								
C								
D								
E								
F								
G								
I								
K								

S činnostmi, které nejsou kritické, lze „manipulovat“, tj. posouvat je v rámci uvedených časových mezí. Na jejich konkrétní časové zařazení bude mít vliv dostupnost zdrojů (lidských, finančních apod.), eventuálně náklady jejich realizace.

V následujícím jednoduchém příkladu se pokuste vyřešit všechno samostatně a až pak se podívejte na postup. Pozor, tentokrát jsou činnosti definovány trochu jinak: pomocí činností následujících. Postup sestavení síťového grafu projektu je však stejný jako v případě zadání pomocí předcházejících činností.

**Příklad 4:**

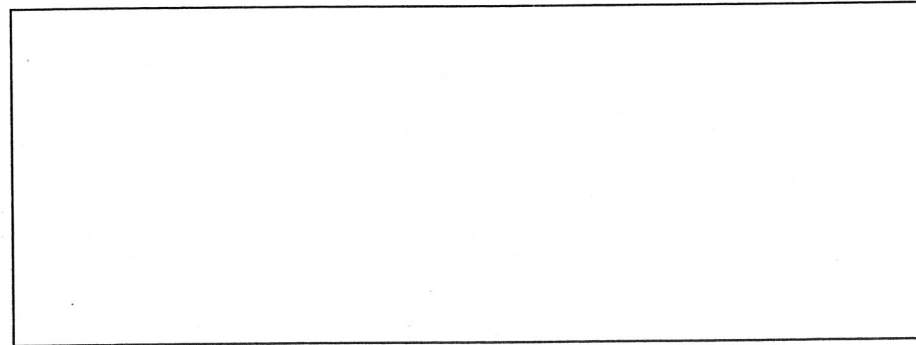
Projekt uvedení nového výrobku na trh zahrnuje 4 činnosti (A - D). V následující tabulce jsou ke každé ze 4 činností uvedeny činnosti následující a doba trvání ve dnech. Sestrojte síťový graf projektu a nalezněte kritickou cestu. Je možné ukončit projekt za jeden týden?



Činnost	Následující činnosti	Doba trvání
A	C, D	4
B	C	2
C	-----	4
D	-----	3

### Řešení

Do následujícího rámečku sami načrtněte síťový graf projektu. Náповěda: síťový graf obsahuje jednu fiktivní hranu.



Graf si zkontrolujte podle následující tabulky.

Hrana	(i,j)	$y_{ij}$	$t_i^{(0)}$	$t_i^{(0)} + y_{ij}$	$t_j^{(1)} - y_{ij}$	$t_j^{(1)}$	CR <sub>ij</sub>
A	(1,2)	4					
B	(1,3)	2					
X (fikt.)	(2,3)	0					
D	(2,4)	3					
C	(3,4)	4					

Celou tabulku vyplňte a až ji budete mít kompletní, proveďte výpočet pomocí grafu:

Pokud jste správně počítali, obsahuje vaše tabulka tyto hodnoty:

Hrana	(i,j)	$y_{ij}$	$t_i^{(0)}$	$t_i^{(0)} + y_{ij}$	$t_j^{(1)} - y_{ij}$	$t_j^{(1)}$	CR <sub>ij</sub>
A	(1,2)	4	0	4	0	4	0
B	(1,3)	2	0	2	2	4	2
X (fikt.)	(2,3)	0	4	4	4	4	0
D	(2,4)	3	4	7	5	8	1
C	(3,4)	4	4	8	4	8	0

Kritickou cestu tvoří činnosti A, X a C a projekt bude dokončen za 8 dní, což je doba delší než 1 týden.

### Průvodce studiem:

Algoritmus metody CPM je součástí mnoha programů k řízení projektů. Také vy se v dalším studiu zaměříte na využití počítače při plánování projektů. Vaším dalším úkolem bude nastudovat postup řešení příkladů pomocí počítačového programu QSB, konkrétně položky 6 – Project scheduling – CPM. Návod naleznete v příloze této studijní opory. Všechny příklady z této kapitoly, řešené i neřešené, si vypočítejte také pomocí počítače. Uvědomte si však, že počítač s programem k řešení můžete použít až ve chvíli, kdy máte rozmyšlenou konstrukci síťového grafu. Každý příklad tedy začnete řešit s tužkou a papírem, načrtněte nejprve síťový graf a teprve pak spusťte program QSB a příslušné menu pro zadání síťového grafu do počítače.



### 9.3 Shrnutí kapitoly

Tato kapitola byla věnována řízení projektů – metodě kritické cesty CPM pro časovou analýzu projektů. Nejdříve byly upřesněny zásady konstrukce síťového grafu a použití fiktivní činnosti pro dodržení těchto zásad. Metoda CPM probíhá ve 4 fázích a lze ji realizovat dvěma postupy.

V prvním z nich se výsledky propočtů zapisovaly do tabulky, ve druhém se k těmto využívalo grafického znázornění projektu pomocí speciálně upraveného síťového grafu. Oba postupy mají své přednosti i nedostatky. První postup je vhodnější pro rozsáhlejší projekty, je však méně názorný, druhý se naopak vyznačuje názorností, avšak pro rozsáhlé projekty je hůře realizovatelný.

Poslední fáze metody CPM – interpretace výsledků je z praktického hlediska nejdůležitější. Výpočty provede zpravidla počítač, zatímco interpretovat výsledky musí sám uživatel. Úkolem je obvykle určit, které činnosti se mohou v čase částečně nebo úplně překrývat. Takové úvahy vyžadují v praxi kromě časového zhodnocení též analýzu zdrojů a nákladů, což je předmětem 11. kapitoly.

### Příklady k procvičení

#### Ano či ne?...

- Metoda kritické cesty CPM předpokládá pevně, tj. deterministicky zadané jednotlivé délky činností.
- Celkové rezervy činností jsou časové intervaly, které je možné pro odpovídající činnosti čerpat, aniž se prodlouží trvání celého projektu.
- Fiktivní hrana má dobu trvání 1.



9.4 Celková časová rezerva je rozdílem nejpozději přípustného konce, nejdříve možného začátku a doby trvání činnosti.

9.5 Celková časová rezerva pro  $n$  kritických činností je  $n$ .

### Doplňte....

9.6 Souběžné činnosti jsou v síťovém grafu zachyceny pomocí .....

9.7 Síťový graf obsahuje pouze ..... počáteční uzel.

9.8 Činnosti s nulovou celkovou rezervou tvoří .....

9.9 Termín nejdříve možného ukončení činnosti vypočítáme jako součet .....

9.10 Při výpočtu „od konce na začátek“ v metodě CPM vypočítáme termíny ..... ukončení a zahájení činnosti.

### Řešte ...

9.11 Projekt je tvořen 10 činnostmi. Návaznosti mezi činnostmi a délky trvání jednotlivých činností jsou uvedeny v tabulce. Nalezněte kritickou cestu. Řešte ručně i pomocí PC. Je možné daný projekt realizovat za 20 dní?

Činnost	Navazující činnost	Doba trvání
A	E,F,C,D	4
B	C,D	3
C	G,H	4
D	I	5
E	J	2
F	G,H	1
G	J	4
H	I	6
I		8
J		7

9.12 Projekt je tvořen deseti činnostmi. Návaznosti mezi činnostmi a délky trvání jednotlivých činností jsou uvedeny v tabulce. Metodou CPM nalezněte kritickou cestu. Řešte ručně i pomocí počítače. Je možné daný projekt realizovat za 25 dní?

Činnost	Navazující činnost	Doba trvání
A	C,D	4
B	I, G, H	3
C	G,H	2
D	E,F	5
E	G,H	1
F		2
G		3
H	J	2
I	J	6
J		7

9.13 Projekt je tvořen deseti činnostmi. Návaznosti mezi činnostmi a délky trvání jednotlivých činností jsou uvedeny v tabulce. Metodou CPM nalezněte kritickou cestu. Řešte ručně i pomocí počítače. Je možné daný projekt realizovat za 30 dní?

Činnost	Předchozí činnost	Doba trvání
A	–	3
B	A	4
C	A	2
D	B	3
E	D	3
F	B,C	4
G	B,C	2
H	F	5
I	F,G	3
J	H,I	3

9.14 Projekt je tvořen deseti činnostmi. Návaznosti mezi činnostmi a délky trvání jednotlivých činností jsou uvedeny v tabulce. Metodou CPM nalezněte kritickou cestu. Řešte ručně i pomocí počítače. Je možné daný projekt realizovat za 25 dní?

Činnost	Předchozí činnost	Doba trvání
A		2
B		5
C	A	4
D	A	5
E	B, C	3
F	B, C	7
G	E	10
H	E	12
I	D, E	8
J	F, G	9



## Klíč k řešení

### Ano či ne?...

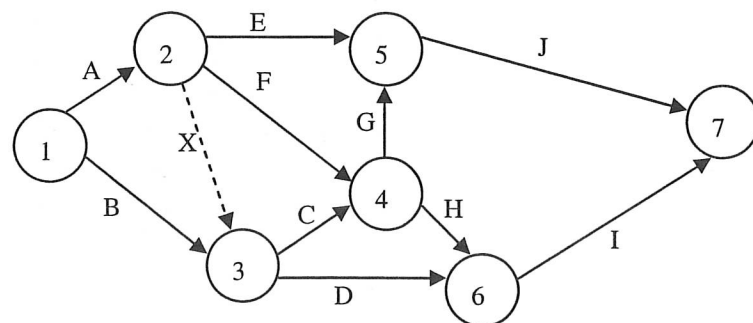
- 9.1 Ano.
- 9.2 Ano.
- 9.3 Ne.
- 9.4 Ano.
- 9.5 Ne.

### Doplňte...

- 9.6 Fiktivní činnosti.
- 9.7 Jediný.
- 9.8 Kritickou cestu.
- 9.9 Nejdříve možného zahájení činnosti a doby trvání této činnosti.
- 9.10 Nejpozději přípustného.

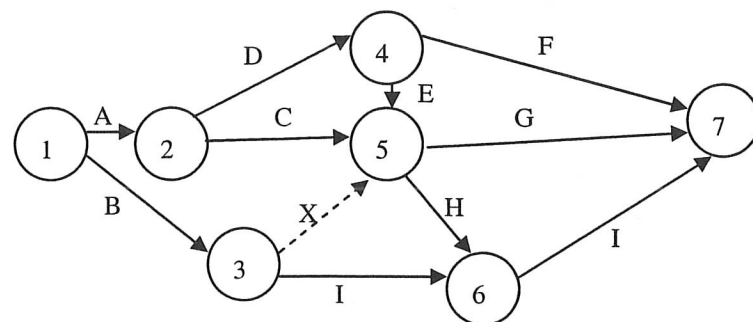
### Řešte ...

9.11



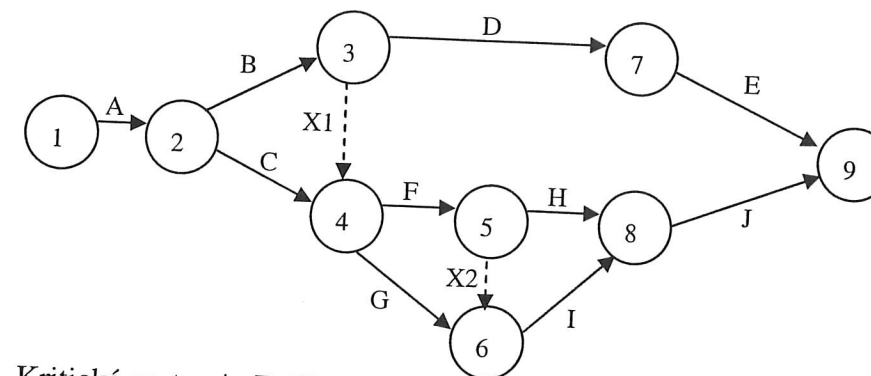
Kritická cesta: A, X, C, H, I kde X je fiktivní hrana  
 Doba trvání 22 dní  
 Projekt nelze dokončit ve stanoveném termínu.

9.12



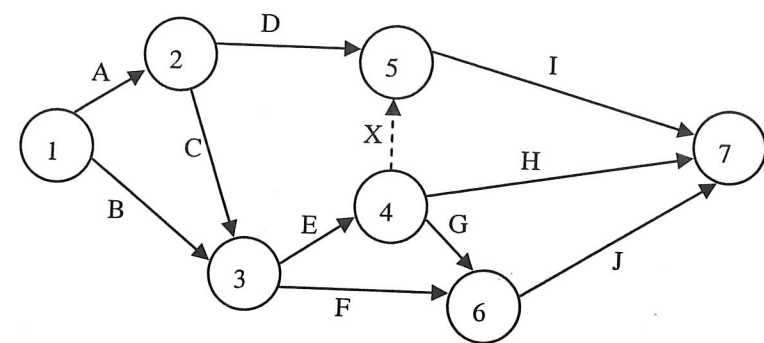
Kritická cesta: A, D, E, H, J  
 Doba trvání 19 dní  
 Projekt lze dokončit ve stanoveném termínu.

9.13



Kritická cesta: A, B, X1, F, H, J kde X1 je fiktivní hrana: Síťový graf projektu obsahuje dvě fiktivní hrany.  
 Doba trvání 19 dní  
 Projekt lze dokončit ve stanoveném termínu.

9.14



Kritická cesta: A, C, E, G, J  
 Doba trvání 28 dní  
 Projekt nelze dokončit ve stanoveném termínu.