**Nové možnosti rozvoje vzdělávání na Technické univerzitě v Liberci**

**Specifický cíl A3: Tvorba nových profesně zaměřených studijních programů**

**NPO\_TUL\_MSMT-16598/2022**



**Stochastická síť a metoda PERT**

Ing. Natalie Pelloneová, Ph.D.

1. Úvod do technik CPM / PERT

CPM/PERT nebo síťová analýza, jak se tato technika někdy nazývá, se vyvíjela podél dvou paralelních proudů, jednoho průmyslového a druhého vojenského.

Metodu CPM (angl. *Critical Path Method*) objevili M.R.Walker ze společnosti E.I.Du Pont de Nemours & Co. a J.E.Kelly ze společnosti Remington Rand kolem roku 1957. Výpočet byl navržen pro počítač UNIVAC-I. První test byl proveden v roce 1958, kdy byl CPM použit při stavbě nového chemického závodu. V březnu 1959 byla metoda použita při odstávce údržby v závodě Du Pont v Louisville ve státě Kentucky. Neproduktivní doba se zkrátila ze 125 na 93 hodin.

Metodu PERT (angl. *Project Evaluation and Review Technique*) vymyslela v roce 1958 pro raketový program POLARIS pobočka Program Evaluation Branch úřadu pro speciální projekty amerického námořnictva za pomoci divize Lockheed Missile Systems a poradenské firmy Booz-Allen & Hamilton. Výpočty byly uspořádány tak, aby je bylo možné provádět na počítači IBM Naval Ordinance Research Computer (NORC) v Dahlgrenu ve Virginii.

Tyto metody jsou v podstatě **síťově orientované techniky** využívající stejný princip. PERT a CPM jsou v podstatě časově orientované metody v tom smyslu, že obě vedou ke stanovení časového harmonogramu projektu. Podstatný rozdíl mezi oběma přístupy spočívá v tom, že u CPM se předpokládalo, že časové odhady jednotlivých činností jsou **deterministické**, zatímco u PERT jsou popsány **pravděpodobnostně**. Tyto techniky se označují jako techniky plánování projektu.

V CPM se činnosti zobrazují jako síť vztahů přednosti pomocí konstrukce sítě činností na uzlech.

* Jednotný odhad času činnosti
* Deterministické časy činností

Použití v: pro úlohy opakující se povahy, u nichž lze odhad času činnosti předvídat se značnou jistotou díky existenci minulých zkušeností.

V PERT se činnosti zobrazují jako síť vztahů přednosti pomocí konstrukce sítě činností na šipkách.

* Odhady více časů
* Pravděpodobnostní časy činností

Použití v: pro neopakující se úlohy (výzkumné a vývojové práce), kde bývají odhady času a nákladů značně nejisté. Tato technika využívá pravděpodobnostní odhady času.

Výhody PERT/CPM

* Užitečné v mnoha fázích řízení projektu
* Matematicky jednoduché
* Poskytnutí kritické cesty a časové rezervy
* Poskytnutí projektové dokumentace
* Užitečné při sledování nákladů

Omezení PERT/CPM

* Jasně definované, nezávislé a stabilní činnosti
* Specifikované vztahy přednosti
* Přílišný důraz na kritické cesty
1. Aplikace CPM / PERT

Tyto metody byly aplikovány na širokou škálu problémů v průmyslu a našly uplatnění i ve vládních organizacích. Patří mezi ně:

* Výstavba přehrady nebo systému kanálů v regionu
* Výstavba budovy nebo dálnice
* Údržba nebo generální oprava letadel nebo ropné rafinerie
* Lety do vesmíru
* Řízení nákladů na projekt pomocí PERT/COST
* Navrhování prototypu stroje
* Vývoj nadzvukových letadel
1. Rámec PERT a CPM

V zásadě existuje šest kroků, které jsou společné pro obě techniky. Postup je uveden níže:

1. Definujte projekt a všechny jeho významné činnosti nebo úkoly. Projekt (složený z několika úkolů) by měl mít pouze jednu počáteční a jednu konečnou činnost.
2. Rozvíjejte vztahy mezi jednotlivými činnostmi. Rozhodněte, které činnosti musí předcházet a které musí následovat po ostatních.
3. Nakreslete „síť“ spojující všechny činnosti. Každá aktivita by měla mít jedinečné číslo události. V případě potřeby se použijí fiktivní šipky, aby se zabránilo přidělení stejného čísla dvěma činnostem.
4. Přiřaďte každé činnosti odhad času a/nebo nákladů
5. Vypočítejte nejdelší časovou cestu sítí. Tato cesta se nazývá kritická cesta.
6. Využití sítě k plánování, rozvržení, monitorování a kontrole projektu.

Klíčovým konceptem používaným v CPM/PERT je, že malý soubor činností, které tvoří nejdelší cestu sítí činností, řídí celý projekt. Pokud by bylo možné tyto „kritické“ činnosti identifikovat a přiřadit k nim odpovědné osoby, mohly by být optimálně využity zdroje řízení tím, že by se soustředily na několik málo činností, které rozhodují o osudu celého projektu.

Nekritické činnosti lze přeplánovat, přeplánovat a pružně přerozdělit zdroje pro ně, aniž by to mělo vliv na celý projekt.

Pět užitečných otázek, které je třeba si při přípravě sítě činností položit, je následujících:

* Jedná se o počáteční aktivitu?
* Jedná se o cílovou aktivitu?
* Jaká aktivita předchází této?
* Jaká aktivita následuje po této?
* Jaká aktivita je souběžná s touto?
1. Zobrazení síťového diagramu

V síťové reprezentaci projektu se používají určité definice.

1. **Aktivita**

Každá jednotlivá operace, která využívá zdroje a má konec a začátek, je nazývá činnost. Pro znázornění aktivity se běžně používá šipka označující směr postupu v projektu. Tyto činnosti se dělí do čtyř kategorií:

* 1. Předcházející činnost - činnosti, které musí být dokončeny bezprostředně před zahájením jiné činnosti, se nazývají předcházející činnosti.
	2. Následná činnost - činnosti, které nelze zahájit, dokud není dokončena jedna nebo více jiných činností, ale bezprostředně je následují, se nazývají následné činnosti.
	3. Souběžná činnost - činnosti, které lze provádět současně, se nazývají souběžné činnosti. Lze poznamenat, že aktivita může být předchůdcem nebo následníkem události nebo může být souběžná s jednou nebo více jinými aktivitami.
	4. Fiktivní činnost - činnost, která nespotřebovává žádný druh zdroje, ale pouze znázorňuje technologickou závislost, se nazývá fiktivní činnost.

Fiktivní činnost je do sítě vložena za účelem objasnění vzoru činnosti v následujících dvou situacích

* Aby bylo možné rozlišit činnosti se společným počátečním a koncovým bodem.
* K určení a zachování správného vztahu přednosti mezi činnostmi, které nejsou propojeny událostmi.

Uvažujme například situaci, kdy A a B jsou souběžné činnosti. Činnost C je závislá na činnosti A a činnost D je závislá na činnosti A i B. Takovou situaci lze řešit pomocí fiktivní aktivity, jak je znázorněno na obrázku.

 A B D

 C

1. **Událost**

Událost představuje časový okamžik, který znamená ukončení některých činností a začátek nových. Obvykle je v síti reprezentována kruhem, který se také nazývá uzel. Události se dělí do tří kategorií

* 1. Slučovací událost - Když přijde více než jedna aktivita a připojí se k události, je taková událost známá jako slučovací událost.
	2. Nárazová událost - Když událost opustí více než jedna aktivita, je taková událost známá jako nárazová událost.
	3. Slučovací a nárazová událost - Aktivita může být současně slučovací i nárazovou událostí, protože vzhledem k některým aktivitám může být slučovací událostí a vzhledem k některým jiným aktivitám může být nárazovou událostí.
1. **Sekvencování**

Prvním předpokladem při vývoji sítě je zachování vztahů přednosti. Při vytváření sítě je třeba vzít v úvahu následující body

* Jaká práce nebo práce jí předchází?
* Jaká úloha nebo úlohy by mohly běžet souběžně?
* Jaká úloha nebo úlohy za ní následují?
* Co řídí začátek a konec úlohy?

Vzhledem k tomu, že všechny další výpočty vycházejí ze sítě, je nutné, aby byla síť nakreslena s plnou pečlivostí.

1. PERT

U metody CPM předpokládáme deterministickou, pevně danou, dobu trvání každé činnosti, u metody PERT je doba trvání každé činností hodnotou náhodné veličiny.

Metoda PERT – pravděpodobnostní rozšíření CPM.

Postup celé analýzy je shodný s postupem uvedeným v metodě CPM!

* Místo pevně daných dob trvání pracujeme se střední (očekávanou) dobou trvání činnosti te.
* Místo pevně dané doby dokončení projektu určíme střední (očekávanou) dobou trvání projektu.

Metoda PERT pracuje se stochastickým modelem. Trvání činnosti je dáno hodnotou, která se pohybuje v určitých mezích.

Vychází se ze tří hodnot odhadu doby trvání činností:

* optimistický odhad (a) – nejkratší možný čas, pokud činnost proběhne ideálně, bez závad,
* modální odhad (m) – nejpravděpodobnější odhad doby trvání, který by nastal při několikanásobném opakování činnosti za stejných podmínek,
* pesimistický odhad (b) – nejdelší možné trvání činnosti, které nastane při výskytu všech teoretických potíží.

Střední (očekávaná) hodnota doby trvání činnosti:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

Rozptyl doby trvání činnosti:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |

Směrodatná odchylka doby trvání činnosti:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |

1. Použité zdroje

[1] The critical path. (n.d.). https://www.imse.iastate.edu/files/2015/08/Critical-Path.pdf

[2] What is the critical path method?. Dropbox. (n.d.). https://experience.dropbox.com/resources/critical-path

[3] Kate Eby April 30. (n.d.). The Ultimate Guide to the critical path method (CPM). Smartsheet. https://www.smartsheet.com/critical-path-method