



Financováno
Evropskou unií
NextGenerationEU



NÁRODNÍ
PLÁN OBNOVY



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

ANALÝZA MATERIÁLOVÉHO TOKU - VAM, metoda SZ rohu, Ganttův diagram, energetické bilance.

Logistika a vnitropodniková doprava – QLV

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Fakulta strojního inženýrství

Vysoké učení technické v Brně



FAKULTA ústav automobilního
STROJNÍHO a dopravního
INŽENÝRSTVÍ inženýrství



- **Spadají do kategorie distribučních úloh spadajících pod úlohy lineárního programování**
- **Lineární programování**
 - Disciplína matematického programování
 - Nalezení minima/maxima lineární funkce
 - Zapsané ve tvaru lineárních rovnic/nerovnic
 - Optimalizace lineárního modelu
- **Uplatnění**
 - Rozvržení rozvozu materiálu nebo zboží z dodavatelských míst k odběratelům
 - Minimalizace celkových nákladů spojených s přepravou

- **Cílem řešení je naplánovat přepravu mezi zdroji a cílovými místy tak**
 - Aby nebyly překročeny kapacity zdrojů
 - Aby byly uspokojeny požadavky cílových míst
- **První se vytvoří výchozí řešení a pak dochází k optimalizaci**

Dopravní úlohy – opakování

4

- Řešení dopravní úlohy lze zobrazit ve formě tabulky
 - $O_{1,2,\dots,n}$ – Odběratelé
 - $D_{1,2,\dots,n}$ – Zdroje
 - $a_{1,2,\dots,n}$ – Kapacity zdrojů
 - $b_{1,2,\dots,n}$ – Požadavky cíl. míst
 - $x_{i,j}$ – Objem přepravy mezi i a j
 - $c_{i,j}$ – náklady mezi i a j
(distribuční náklad)

	O_1	O_2	...	O_n	Kap. Zdr.
D_1	$x_{11}^{c_{11}}$	$x_{12}^{c_{12}}$...	$x_{1n}^{c_{1n}}$	a_1
D_2	$x_{21}^{c_{21}}$	$x_{22}^{c_{22}}$...	$x_{2n}^{c_{2n}}$	a_2
...
D_m	$x_{m1}^{c_{m1}}$	$x_{m2}^{c_{m2}}$...	$x_{mn}^{c_{mn}}$	a_3
Pož. odb.	b_1	b_2	...	b_n	Σb_i / Σa_i

Dopravní úlohy – opakování

5

- Pokud:
 - $\sum a_i = \sum b_i$ - vyrovnaná dopravní úloha
 - $\sum a_i \neq \sum b_i$ - nevyrovnaná dopravní úloha

$\sum a_i > \sum b_i$ - Fiktivní odběratel O_f

$\sum a_i < \sum b_i$ - Fiktivní dodavatel D_f

- Celkové náklady na přepravu:

$$Z = \sum_{1}^{m} \sum_{1}^{n} (x_{mn} \cdot c_{mn})$$

Dopravní úlohy – opakování

6

- **METODA SEVEROZÁPADNÍHO ROHU**
 - Tabulka vyplňovaná od horního levého rohu

- **METODA MATICOVÉHO MINIMA**
 - Umístíme přepravu do pole s minimálním distribučním nákladem - $c_{i,j}$
 - Po redukci zdroje pokračujeme do pole s další nejnižší hodnotou $c_{i,j}$, dokud nejsou vyčerpány všechny zdroje/požadavky

	Brno	Praha	Ostrava	Liberec	
Plzeň	11	4	17	9	330
Pardub.	6	7	10	8	150
Olomouc	3	9	5	12	220
	180	250	160	110	



Financováno
Evropskou unií
NextGenerationEU



NÁRODNÍ
PLÁN OBNOVY



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

VOGELOVA APROXIMAČNÍ METODA (VAM)



FAKULTA ústav automobilního
STROJNÍHO a dopravního
INŽENÝRSTVÍ inženýrství

Vogelova aproximační metoda

- Pro každý řádek a sloupec se vypočítá diference cenových koeficientů (rozdíl mezi dvěma nejmenšími cenovými koeficienty v řádku nebo sloupci).
- V daném řádku nebo sloupci s maximální diferencí vybereme pole s nejnižším cenovým koeficientem.
- Hodnota proměnné X_{ij} se dosadí při maximálním doplnění požadavků a vyčerpání zásob.
- Může nastat situace, kdy více řádků nebo sloupců má stejnou maximální diferenci. Pak se vybere pole s nejnižším cenovým koeficientem.
- Po obsazení pole dojde k vyloučení řádku nebo sloupce a postup se zopakuje.

	Brno	Praha	Ostrava	Liberec	
Plzeň	11	4	17	9	330
Pardub.	6	7	10	8	150
Olomouc	3	9	5	12	220
	180	250	160	110	

Vogelova aproximační metoda

- Tabulka vyplňovaná podle nejmenší difference cenových koeficientů
- Př.1
 - Údaje uvedené ve 100 korunách.

	Brno	Praha	Ostrava	Liberec	
Plzeň	11	4	17	9	330
Pardub.	6	7	10	8	150
Olomouc	3	9	5	12	220
	180	250	160	110	

Vogelova aproximační metoda

- Př. 2
 - Údaje uvedené ve 100 korunách.

	O_1	O_2	O_3	O_4	
D_1	10	4	7	20	800
D_2	5	2	8	9	400
D_3	11	15	6	10	200
D_4	12	6	15	20	600
	300	500	700	500	



Financováno
Evropskou unií
NextGenerationEU



NÁRODNÍ
PLÁN OBNOVY



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TEST OPTIMALITY VÝCHOZÍHO ŘEŠENÍ



FAKULTA ústav automobilního
STROJNÍHO a dopravního
INŽENÝRSTVÍ inženýrství

- Spočívá ve výpočtu redukovaných cenových koeficientů: $Z_{ij}=u_i+v_j-c_{ij}$
- Pro optimalitu řešení musí platit, že jsou redukované cenové koeficienty záporné.
- Postup:
 - Pro každé obsazené pole se sestaví rovnice $u_i+v_j=c_{ij}$
(Tímto se dostane soustava rovnic a tato soustava má jeden stupeň volnosti. Proto se jedna libovolná neznámá položí rovna nule a ostatní se dopočítají)
 - Redukované cenové koeficienty Z_{ij} musí vyjít záporné (dosazuje se do neobsazených polí). Pokud tomu je podmínka dodržena, je testované základní řešení optimální.
 - Pokud je některá z redukovaných cen kladná, provádí se výpočet nového základního řešení.

Test optimality výchozího řešení

- Výpočet optimality dle redukovaných cenových koeficientů
- Příklad 1
 - Údaje uvedené ve 100 korunách.

	Brno	Praha	Ostrava	Liberec	
Plzeň	11	4	17	9	330
Pardub.	6	7	10	8	150
Olomouc	3	9	5	12	220
	180	250	160	110	

- Volba vstupující proměnné
 - Zvolí se proměnná, která nejvíce porušuje test optimality, proto se volí podle max. kladného redukovaného cenového koeficientu Z_{ij} . Pokud toto určení není jednoznačné, volí se proměnná libovolně.
- Volba vystupující proměnné
 - Je třeba nejdříve zkontrolovat tzv. uzavřený okruh. Posloupnost obsazených polí, která začínala a současně končí v klíčovém poli. Po určení uzavřeného okruhu označíme jeho prvky střídavě symbolem +T a -T. V klíčovém poli je symbol +T. Vystupující proměnná je určena minimální hodnotou X_{ij} , které jsou označeny -T. Pokud je polí s touto hodnotou více, volí se libovolně. Hodnota T určuje současně hodnotu nově vstupující proměnné.
- Přepočítání tabulky dopravního problému
 - K polím označeným +T se hodnota T přičte a naopak od polí -T odečte. Ostatní pole zůstanou beze změny. V každém kroku výpočtu musí zůstat počet základních proměnných $(n+m-1)$. V novém řešení se opět realizuje test optimality.

Výpočet nového základního řešení

- Tabulka vyplňovaná podle vstupujících a vystupujících proměnných a následného testu optimality
- Př.1
 - Údaje uvedené ve 100 korunách.

	Brno	Praha	Ostrava	Liberec	
Plzeň	11	4	17	9	330
Pardub.	6	7	10	8	150
Olomouc	3	9	5	12	220
	180	250	160	110	



Financováno
Evropskou unií
NextGenerationEU



NÁRODNÍ
PLÁN OBNOVY



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Gantův diagram

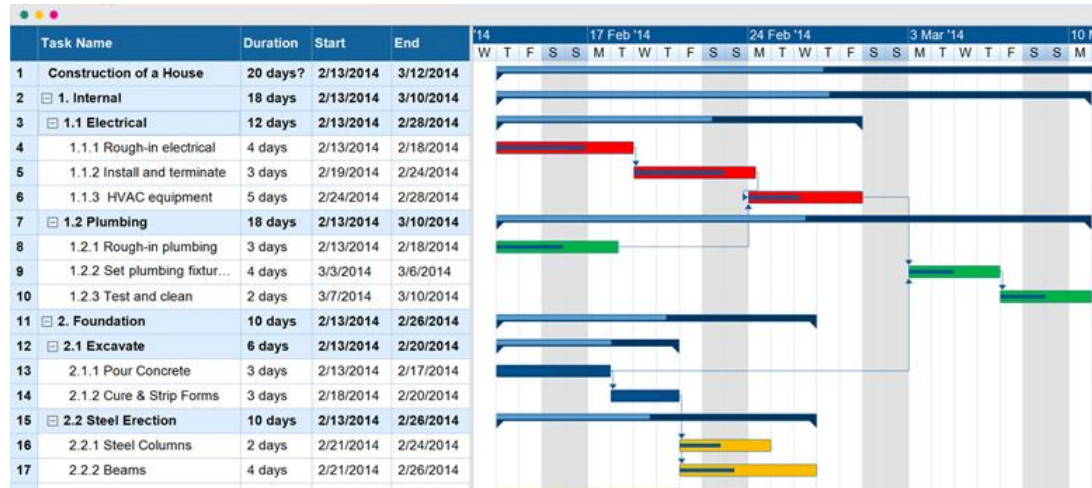


FAKULTA ústav automobilního
STROJNÍHO a dopravního
INŽENÝRSTVÍ inženýrství

Co je Ganttův diagram?

17

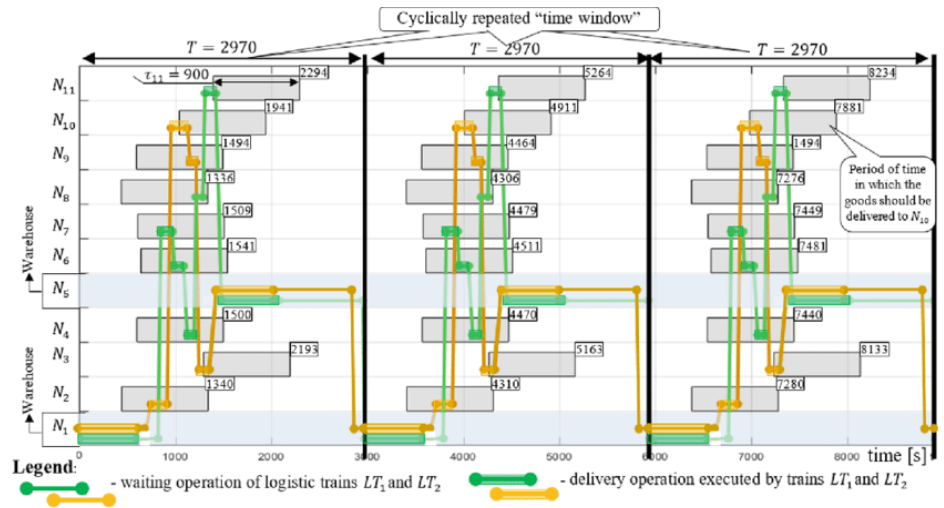
- Ganttův diagram = nástroj pro plánování a sledování časového průběhu úloh.
- Ukazuje, kdy a jak dlouho jednotlivé činnosti probíhají.
- Osa X = čas, osa Y = seznam úkolů / činností.
- Pomáhá při koordinaci zdrojů a sledování plnění plánu.



Ganttův diagram v logistice a dopravě

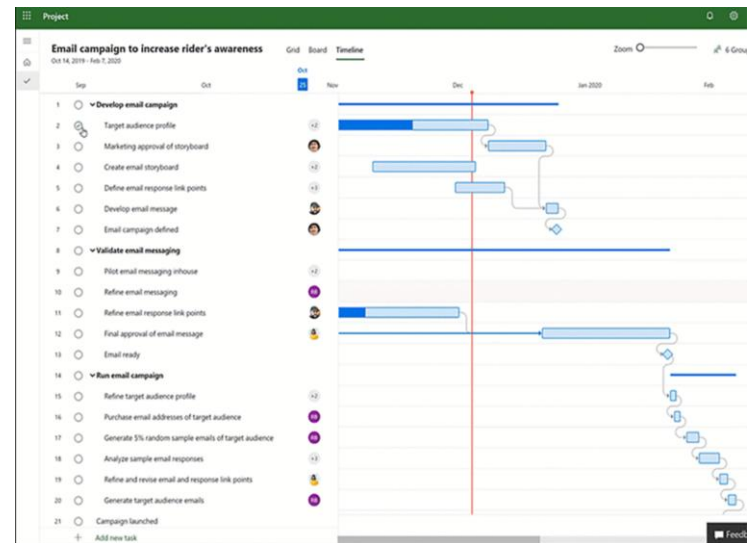
18

- V logistice pomáhá:
 - plánovat přepravní operace (nakládka, převoz, vykládka),
 - koordinovat vnitropodnikové toky materiálu,
 - sledovat využití vozidel a manipulační techniky,
 - předcházet časovým kolizím (zpoždění výroby → posun expedice).
- Přehlednost =
 - lepší řízení času, lidí a prostředků.



- 1. Sepsat všechny činnosti projektu (např. příjem materiálu, kontrola, montáž, expedice).
- 2. Odhadnout jejich délku trvání a návaznosti.
- 3. Vytvořit časovou osu – jednotlivé úkoly zobrazit jako pruhy.
- 4. Průběžně aktualizovat podle skutečného stavu.

- Nástroje
 - MS Excel, Project
 - Smartsheet
 - GanttProject



Ganttův diagram – příklad

20

- Modelový příklad – přeprava dílů mezi provozy
- Scénář:
 - Firma plánuje přepravu komponent z oddělení výroby do montáže.
- Zadání:

Činnost	Doba (h)	Návaznost
Příprava materiálu	2	-
Nakládka	1	po 1
Převoz	2	po 2
Vykládka	1	po 3
Kontrola a skladování	2	po 4

- Vytvořte Ganttův diagram k tomuto plánu (ručně nebo v Excelu).



Financováno
Evropskou unií
NextGenerationEU



NÁRODNÍ
PLÁN OBNOVY



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Energetické bilance



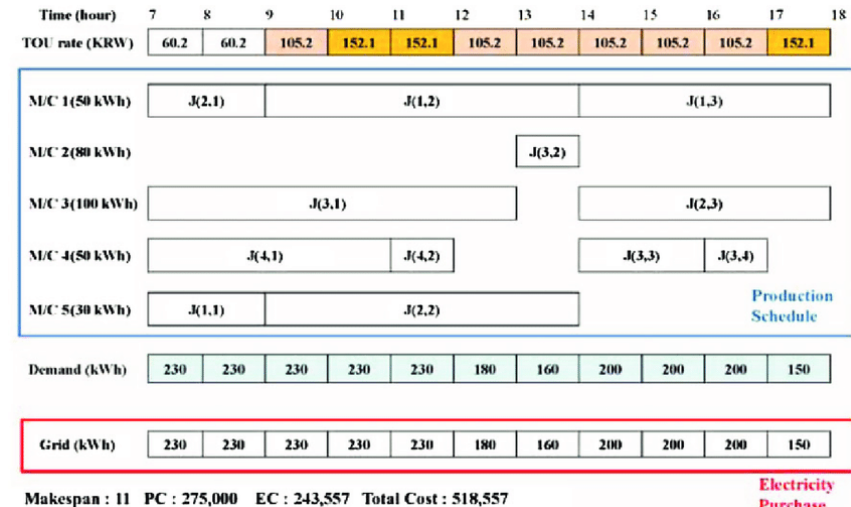
FAKULTA ústav automobilního
STROJNÍHO a dopravního
INŽENÝRSTVÍ inženýrství

- **Energetická bilance** = souhrn spotřeb a toků energie v systému (např. dopravním nebo výrobním).
- **Cíl:** zjistit, kde a kolik energie se spotřebovává, kde vznikají ztráty, a jak lze proces optimalizovat.
- V logistice a dopravě sledujeme např. spotřebu paliva, elektřiny, tepla, pohybu strojů.
- **Příklad:** Bilance energie pro vnitropodnikovou přepravu mezi skladem a výrobou.

- VAM lze aplikovat nejen na přepravní náklady, ale i na energetickou náročnost přepravy.
- Každá buňka dopravní matice může vyjadřovat:
 - spotřebu energie (kWh) na převoz 1 jednotky, nebo
 - emise CO₂, nebo náklady na energii.
- Cílem je minimalizovat celkovou energetickou spotřebu při zachování dodávek.
- **Příklad:** Optimalizace rozvozu materiálu z 3 skladů do 4 výrobních linek → minimalizace energie na převoz.

Ganttův diagram pro sledování energetických toků

- Ganttův diagram pomáhá vizualizovat časový průběh energeticky náročných činností (např. provoz dopravníků, lisů, pecí).
- Umožňuje:
 - sledovat časové překryvy vysoké spotřeby,
 - plánovat odstávky nebo přesuny činností,
 - snižovat energetické špičky.
- Kombinace s VAM: po optimalizaci přepravy lze časově sladit činnosti pro nižší energetickou zátěž.



- **Zadání:**
- Vytvořte dopravní matici pro 3 zdroje (A, B, C) a 3 odběratele (X, Y, Z).
 - Hodnoty představují spotřebu energie (kWh) na přepravu.
- Použijte Vogelovu aproximační metodu k nalezení minimální energetické spotřeby.
- Výsledný plán znázorněte pomocí Ganttova diagramu:
 - osa X = čas,
 - osa Y = jednotlivé přepravní operace.
- **Diskuse:**
 - Které operace lze provádět paralelně?
 - Jak se změní bilance při zpoždění nebo vyšší spotřebě energie?



Financováno
Evropskou unií
NextGenerationEU



NÁRODNÍ
PLÁN OBNOVY



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



DĚKUJI ZA POZORNOST

Vytvořeno v rámci projektu: Akcelerace zelených dovedností a udržitelnosti na VUT v Brně (NPO_VUT_MSMT-2143/2024-5)

+420 541 142 426

Michal.Urbaneck2@vutbr.cz

Ing. Michal Urbánek

Vysoké učení technické v Brně
Fakulta strojního inženýrství
Ústav automobilního a
dopravního inženýrství



FAKULTA ústav automobilního
STROJNÍHO a dopravního
INŽENÝRSTVÍ inženýrství