

# Astronavigace

## Základní princip

Zdeněk Halas

KDM MFF UK, 2011

Aplikace matem. pro učitele

# Astronavigace

## Tradiční metody

Tradiční navigační metody byly v nedávné době odsunuty do pozadí satelitní navigací.

Přesto ne úplně, zejména u oceánských plaveb se trvá také na znalosti klasických metod (selhání elektroniky).

U kratších plaveb je možná orientace díky blízkosti břehu a/nebo pomocí dobře vedeného lodního deníku.

Základní nástroje astronavigace jsou dodnes

- ▶ sextant
- ▶ přesné měření času
- ▶ The Nautical Almanach, tabulky pro námořní navigaci HO 229

# Astronavigace

## Tradiční metody

Tradiční navigační metody byly v nedávné době odsunuty do pozadí satelitní navigací.

Přesto ne úplně, zejména u oceánských plaveb se trvá také na znalosti klasických metod (selhání elektroniky).

U kratších plaveb je možná orientace díky blízkosti břehu a/nebo pomocí dobře vedeného lodního deníku.

Základní nástroje astronavigace jsou dodnes

- ▶ sextant
- ▶ přesné měření času
- ▶ The Nautical Almanach, tabulky pro námořní navigaci HO 229

# Astronavigace

## Úvodní poznámky k navigaci

Při plavbě nedaleko břehu můžeme pomocí zaměřovacího kompasu zjistit náměr na dva objekty (např. majáky).

Pozičními liniemi jsou zde přímky.

Jejich vynesáním do mapy získáme ihned svou polohu – průsečík.

# Astronavigace

## Úvodní poznámky k navigaci

Podobně můžeme změřit výšku dvou objektů známé výšky (např. majáky) pomocí sextantu.

Výšku majáků lze nalézt v tzv. Soupisu světel či v mapě.

Vzdálenost  $d$  (v námořních mílích) od majáku výšky  $h$  vypočteme z pravoúhlého trojúhelníka:

$$d = \frac{h}{1852} \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

kde  $\alpha$  je změřený úhel a dělení číslem 1 852 je kvůli přepočtu na námořní míle.

Námořní míle odpovídá jedné minutě poledníku.

Pozičními liniemi jsou zde kružnice. Naše poloha je v jejich průsečíku.

# Astronavigace

## Základní myšlenka astronavigace

V astronavigaci se používá stejný princip pozičních linií.

Pro určení naší polohy je třeba znát polohu alespoň dvou bodů – místo majáků to jsou v astronavigaci nebeská tělesa:

Slunce, Měsíc, planety, hvězdy.

Potřebujeme však polohu nějakého objektu na Zemi, ne na nebi.

U nebeských těles budeme určovat zeměpisnou polohu (geographical position), což je průsečík zemského povrchu se spojnicí středu Země a nebeského tělesa.

Potřebujeme také vzdálenost zeměpisné polohy  $G$  nebeského tělesa od naší lodi:

zjistíme ji změřením výšky  $\alpha$  nebeského tělesa nad horizontem pozorovatele.

# Astronavigace

## Základní myšlenka astronavigace

V astronavigaci se používá stejný princip pozičních linií.

Pro určení naší polohy je třeba znát polohu alespoň dvou bodů – místo majáků to jsou v astronavigaci nebeská tělesa:

Slunce, Měsíc, planety, hvězdy.

Potřebujeme však polohu nějakého objektu na Zemi, ne na nebi.

U nebeských těles budeme určovat zeměpisnou polohu (geographical position), což je průsečík zemského povrchu se spojnicí středu Země a nebeského tělesa.

Potřebujeme také vzdálenost zeměpisné polohy  $G$  nebeského tělesa od naší lodi:

zjistíme ji změřením výšky  $\alpha$  nebeského tělesa nad horizontem pozorovatele.

# Astronavigace

## Základní myšlenka astronavigace

Určení vzdálenosti zeměpisné polohy  $G$  nebeského tělesa od naší lodi pomocí výšky  $\alpha$  nebeského tělesa nad horizontem pozorovatele:

- ve stupních je to snadné:  $(90^\circ - \alpha)$
- po přepočtu na námořní míle:

$$(90^\circ - \alpha) \cdot 60$$

( $1^\circ$  odpovídá 60 námořním mílím – zde je důvod jejich používání).

Příklad: Změříme-li výšku hvězdy  $\alpha = 60^\circ$ , dostaneme  $(90^\circ - 60^\circ) \cdot 60 = 30 \cdot 60 = 1\,800$  námořních mil (asi 3 333 km).



# Astronavigace

## Problémy při praktické realizaci

# Astronavigace

## Astronomická poziční linie, Nautický almanach

Prakticky není možné do mapy zakreslit poziční kružnice o tak velikých poloměrech.

Do mapy se tedy zaznačí pouze její malá část, která je v blízkosti naší předpokládané polohy. Tuto část kružnice nahrazujeme přímkou – *astronomická poziční linie*.

Je také potřeba vědět, kde se nebeská tělesa právě nacházejí (tj. znát stav, se kterým pak srovnáme svá měření).

Zeměpisnou polohu nebeských těles nalezneme v Nautickém almanachu, kde nalezneme

- deklinaci (místo zeměpisné šířky),
- hodinový úhel (místo zeměpisné délky).

# Astronavigace

## Astronomická poziční linie, Nautický almanach

Prakticky není možné do mapy zakreslit poziční kružnice o tak velikých poloměrech.

Do mapy se tedy zaznačí pouze její malá část, která je v blízkosti naší předpokládané polohy. Tuto část kružnice nahrazujeme přímkou – *astronomická poziční linie*.

Je také potřeba vědět, kde se nebeská tělesa právě nacházejí (tj. znát stav, se kterým pak srovnáme svá měření).

Zeměpisnou polohu nebeských těles nalezneme v Nautickém almanachu, kde nalezneme

- deklinaci (místo zeměpisné šířky),
- hodinový úhel (místo zeměpisné délky).

# Astronavigace

## Azimut

Astronomická poziční linie (APL) je vlastně tečna k poziční kružnici. Ta je kolmá na poloměr (spojnici středu a bodu dotyku), neboli na spojnici zeměpisné polohy  $G$  nebeského tělesa a polohy naší.

Tato spojnice určuje (orientovaný) směr od nás k bodu  $G$  – azimut.

Azimut je analogií náměru.

U náměru měřený objekt vidíme, u nebeského tělesa jej musíme vypočítat.

# Astronavigace

## Azimut

Astronomická poziční linie (APL) je vlastně tečna k poziční kružnici. Ta je kolmá na poloměr (spojnici středu a bodu dotyku), neboli na spojnici zeměpisné polohy  $G$  nebeského tělesa a polohy naší.

Tato spojnice určuje (orientovaný) směr od nás k bodu  $G$  – azimut.

Azimut je analogií náměru.

U náměru měřený objekt vidíme, u nebeského tělesa jej musíme vypočítat.

# Astronavigace

## Azimut – výpočet

Problém s azimutem:

potřebujeme bod  $G$  (zeměpisná poloha nebeského tělesa), ale také znát naši polohu – tj. údaj, který teprve hledáme. . .

Naši polohu musíme odhadnout – lze na základě dobře vedeného lodního deníku.

Získáme polohu pravděpodobnou  $P$ .

Plohu pravděpodobnou zaznačíme do mapy a sextantem změříme výšku nebeského tělesa. Čas měření je třeba co nejpřesněji zaznamenat (zemská rotace).

# Astronavigace

## Intercept

Z pravděpodobné polohy lze dopočítat úhel, pod jakým se nebeské těleso nachází nad horizontem.

Máme dvě výšky:

- ▶ skutečná výška  $\alpha$  (změřená sextantem)
- ▶ pravděpodobná výška  $\beta$  (na základě odhadnuté naší polohy  $P$ )

Jejich rozdíl  $\alpha - \beta$  v minutách (tj. námořních mílích) nazýváme *intercept*.

- ▶  $\alpha - \beta > 0 \Rightarrow$  nacházíme se blíže k nebeskému tělesu (k bodu  $G$ ), než je pravděpodobná poloha  $P$
- ▶  $\alpha - \beta < 0 \Rightarrow$  nacházíme se dále od nebeského tělesa (od bodu  $G$ ), než je pravděpodobná poloha  $P$

# Astronavigace

## Vynesení APL do mapy

Nyní zaznačíme do mapy spojnici  $GP$ , která bude podle znaménka interceptu zkrácena (+) či prodloužena (–) o intercept před/za bod  $P$ .

Vzniklým koncovým bodem vedeme kolmici k přímce  $GP$ , což je hledaná astronomická poziční linie.

Naše poloha je v průsečíku dvou APL.

Přesnost APL je u zkušených navigátorů asi 2' (tj. do 4 km).



# Astronavigace

## Vynesení APL do mapy

Nyní zaznačíme do mapy spojnici  $GP$ , která bude podle znaménka interceptu zkrácena (+) či prodloužena (–) o intercept před/za bod  $P$ .

Vzniklým koncovým bodem vedeme kolmici k přímce  $GP$ , což je hledaná astronomická poziční linie.

Naše poloha je v průsečíku dvou APL.

Přesnost APL je u zkušených navigátorů asi  $2'$  (tj. do 4 km).

# Astronavigace

## Nautický trojúhelník

Problém s výškou nebeského tělesa:

- měříme výšku tělesa nad horizontem skutečné polohy.
- svoji přesnou polohu však neznáme, pouze pravděpodobnou  $P$ .

Potřebovali bychom tedy výšku  $h_P$  nebeského tělesa nad horizontem polohy pravděpodobné  $P$ .

$$P - G = 90^\circ - h_P$$

Nautický trojúhelník – trojúhelník  $PGO$  ( $O$  – pól polokoule, na které se nacházíme).

Řešení nautického trojúhelníka: nalezení pravděpodobné výšky nebeského tělesa a azimutu.