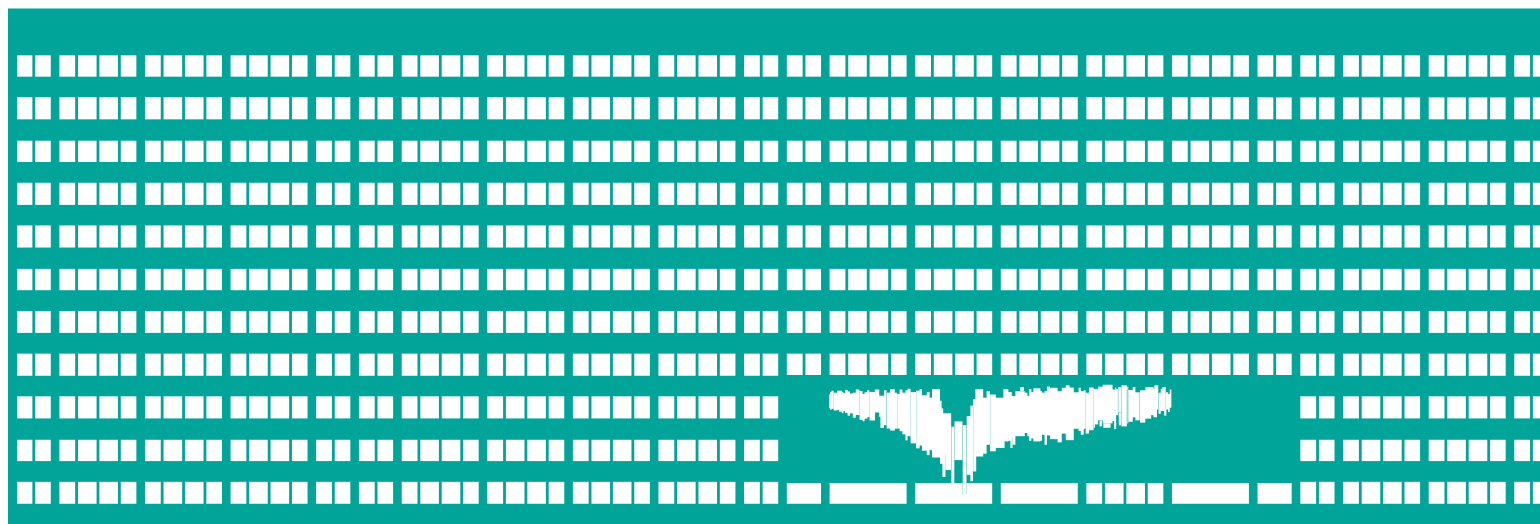


VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA

VSB TECHNICAL
UNIVERSITY
OF OSTRAVA



www.vsb.cz

Základy geoinformatiky 11

Čas, určování polohy v čase

Michal Kačmařík

A924, tel.: 5512

<http://gis.vsb.cz>

<https://gis.vsb.cz/pracoviste/lide/kacmarik/>

E-mail: michal.kacmarik@vsb.cz

Osnova přednášky

- Čas, různé koncepce času
- Časové jednotky
- Určování polohy v čase
- Časové stupnice
- Časové signály

- Příklady oblastí využívajících geoinformatiku, kde je práce s časem důležitá
 - Časoprostorové analýzy (např. proces urbanizace, vývoj dopravy, hodnocení kriminality)
 - Modelování přírodních i antropogenních procesů (např. šíření znečištění v ovzduší),
 - Katastr nemovitostí
 - Určování polohy pomocí GPS (GNSS)

Čas, různé koncepce času

- čas je intuitivně snadno pochopitelný
- člověk s ním pracuje na velmi vysoké úrovni, každodenně, absolutně i relativně a navíc velice přesně
- dvě základní koncepce:
 - kontinuální proud událostí, vinoucí se přirozeně jen jedním směrem
 - jako posloupnost neustále se opakujících událostí

V prostředí GIT je situace jiná:

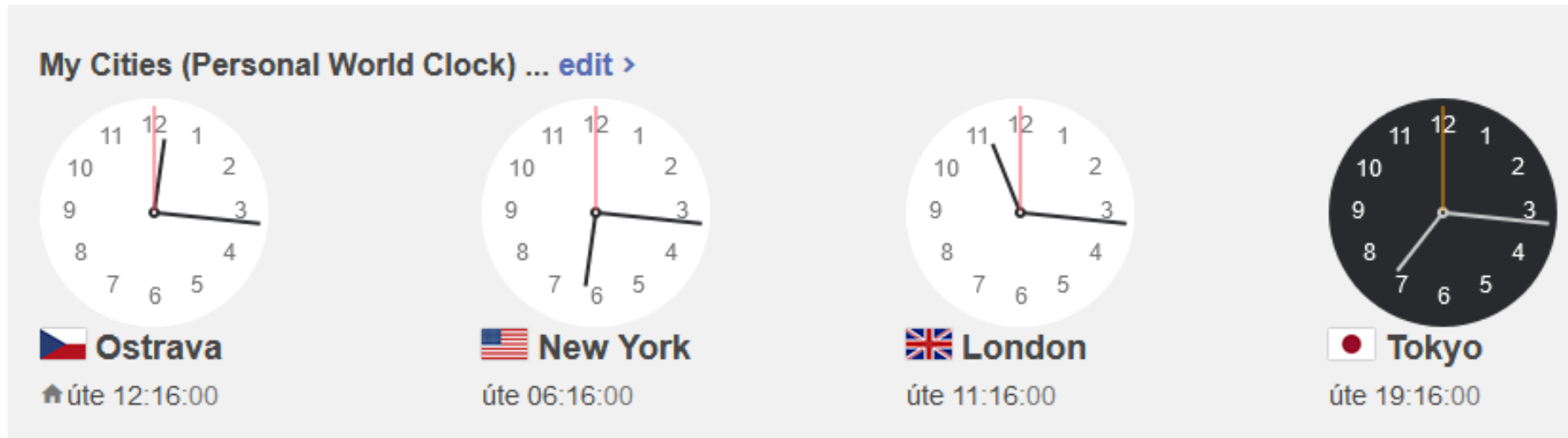
- času byla dlouhou dobu věnována jen malá až žádná pozornost
- teprve v posledních cca patnácti letech se situace začíná měnit
- cílem je zahrnout čas do geoinformačních i databázových systémů tak, aby bylo možné provádět dotazy i s ohledem na časovou dimenzi
- není přitom brána v úvahu specifická povaha času jako takového (jednosměrnost)

Zvláštnost:

- v geoinformačním systému máme možnost se pohybovat i proti směru toku času

Časové jednotky

- Za základní v přírodě měřitelnou časovou jednotku považujeme **den**, jehož délka je dána jedním otočením Země kolem své osy.
- Na různých místech zemského povrchu je poledne v jinou dobu – hovoříme o času místním.



- Pro praktické použití je den příliš velkou časovou jednotkou. Proto se postupem času ustálilo jeho další dělení, a to na 24 hodin,
- hodina odpovídá otočení zemského tělesa o 15° .
- hodina se dále dělí na 60 minut,
- minuta na 60 sekund,
- sekunda na sto milisekund a tak dále.

Časové jednotky

- Sekunda je dnes považována za základní měrnou jednotku a čas za základní fyzikální veličinu.
- Tzv. **střední sekunda** byla dříve definována takto:

Střední sekunda je $1/86\,400$ středního slunečního dne.

- Vedle jednotek používaných pro dělení dne se používají i jednotky, reprezentující vícedenní intervaly:
 - týdny,
 - měsíce,
 - roky,
 - desetiletí,
 - staletí a
 - tisíciletí.

Sekunda jakožto základní jednotka času je v mezinárodním systému jednotek (SI) definována takto:

Sekunda je doba trvání 9 192 631 770 period záření, která odpovídá rezonanční frekvenci kvantového přechodu mezi hladinami ($F = 4, M = 0$) a ($F = 3, M = 0$) velmi jemné struktury základního stavu $^2S_{1/2}$ atomu cesia ^{133}Cs .

Určování polohy v čase

Běžněji se místo **určování polohy v čase** říká přímo **určování času**.

Při určování času se používají různé **časové referenční systémy**, označované obvykle termínem **časové stupnice**:

Časová stupnice je systém měření času umožňující vyjadřovat vztahy událostí tak, jak k nim dochází od zadané časové epochy.

- **spojitost** (*kontinuální/diskrétní*),
- **cykličnost** (*periodicita; lineární/cyklický*),
- **závislost určování času na jiné události** (*absolutní/relativní*),
- **prostorový rozsah platnosti** (*globální/lokální*),
- **k čemu se vztahují** (*k Zemi, k časovému pásmu, k místnímu poledníku, k dané lokalitě*),
- **způsob určování polohy v čase** (*přímý/nepřímý*).

- **Kontinuální časová stupnice** je taková, kde se čas může měnit plynule, bez náhlých skoků. Příkladem může být reálný čas, tak jak ho známe z běžného života.
- **Diskrétní časová stupnice** je taková, kde se čas nemění plynule, nýbrž skokem. Příkladem může být kalendář. Celý den je stále stejné datum, jen o půlnoci dojde k náhlému posunu o jeden den.

- **Lineární časové stupnice** jsou takové, které mají pevně definovaný počátek a čas se udává jako vzdálenost od tohoto počátku.
- **Cyklické časové stupnice** jsou takové, které se periodicky opakují a které samy osobě neumožňují jednoznačně určit čas události. Příkladem takové stupnice může být posloupnost ročních období (jaro, léto, podzim, zima), posloupnost dnů v týdnu nebo posloupnost měsíců.

Závislost určování času na jiné události

- **Absolutní časové stupnice** mají zcela jednoznačně definovanou svoji fyzikální realizaci. Příkladem může být reálný čas, realizovaný pomocí různých hodin resp. hodinek. Můžeme počítat i délky časových intervalů mezi nimi apod.
- **Relativní časové stupnice** jsou většinou vyjádřeny prostřednictvím posloupnosti událostí, u nichž známe jejich přesné pořadí, ale nemusíme znát přesné časy (vyjádřené v absolutní časové stupnici), kdy k nim došlo. Používání relativních časových stupnic je typické například pro geologii. Běžný příklad: *ráno, odpoledne, večer, noc, ...*

- **Globální časové stupnice** jsou takové, které jsou určeny pro měření času na celé Zemi a v přilehlém kosmickém prostoru nebo alespoň v rámci velkých oblastí na Zemi. Obvykle jsou svázány se svojí globální fyzikální realizací. Příkladem může být tzv. univerzální koordinovaný čas.
- **Lokální časové stupnice** jsou takové, které platí jen v omezeném prostoru. Opět jsou svázány se svojí fyzikální realizací, která je v tomto případě rovněž lokální. Příkladem může být **sluneční čas** realizovaný prostřednictvím slunečních hodin.

K čemu se vztahují

- **Časové stupnice vztahující se k Zemi** jsou koncipované tak, že umožňují určovat čas kdekoliv na Zemi a případně i v přilehlém kosmickém prostoru. Jsou vždy spojeny se svojí konkrétní fyzikální realizací.
- **Časové stupnice vztahující se k časovému pásmu** jsou obvykle odvozené od časových stupnic vztahujících se k Zemi, zpravidla prostým posunutím času o celý násobek hodin. Nemají tedy vlastní fyzikální realizaci.
- **Časové stupnice vztahující se k místnímu poledníku** umožňují určovat čas platný pro místo měření a pro všechna místa nacházející se na tomtéž místním poledníku. Jsou svázány se svojí fyzikální realizací – slunečními hodinami.
- **Časové stupnice vztahující se k dané lokalitě** jsou rovněž svázány se svojí konkrétní fyzikální realizací (např. slunečními hodinami nebo jinými hodinami nenavazujícími na globální čas). Jejich platnost je omezena jen na malé území.

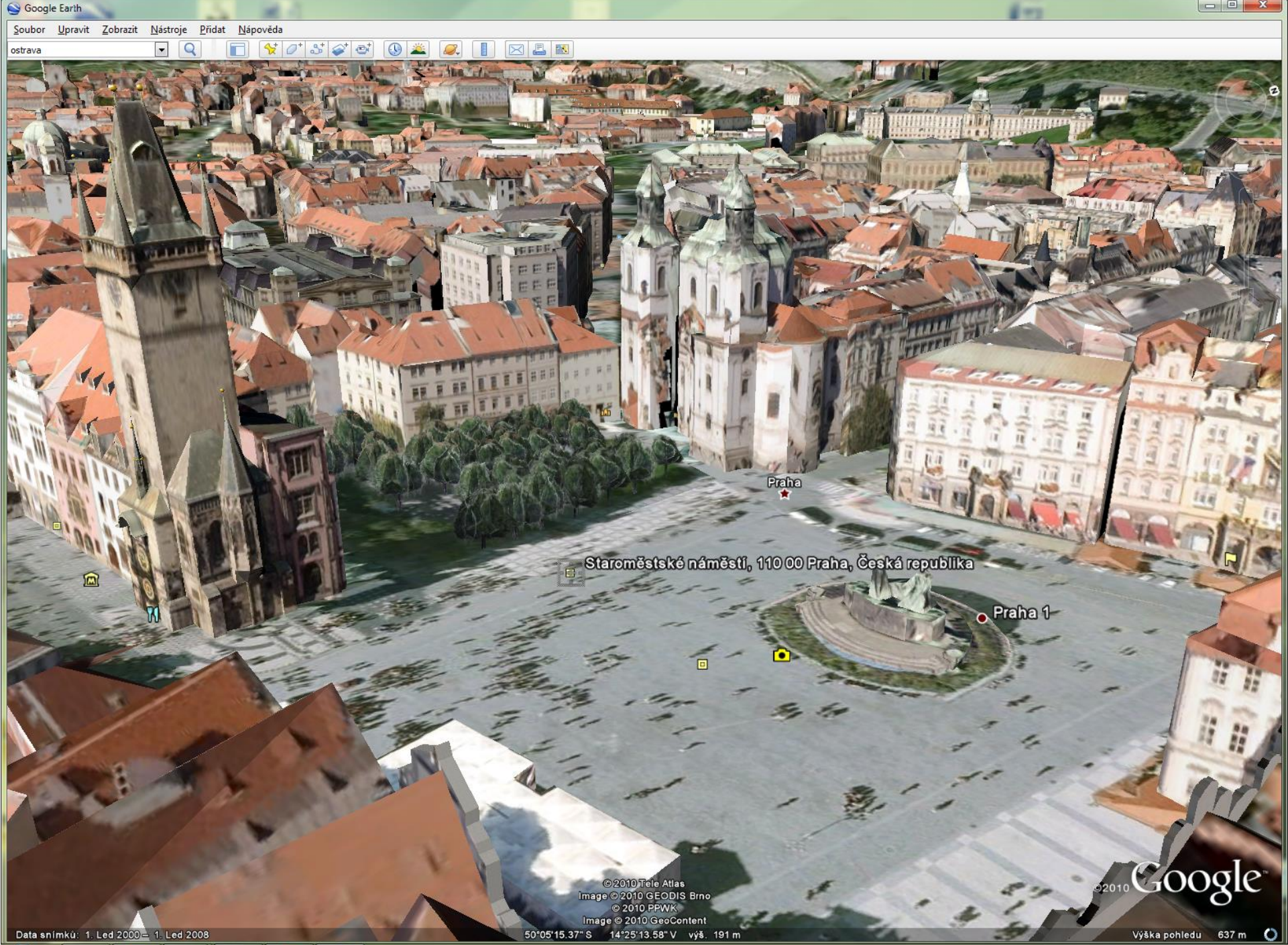
Způsob určování polohy v čase

- **Přímé určování polohy v čase** se provádí prostřednictvím časového údaje odvozeného zpravidla z absolutní časové stupnice. Typickým příkladem je udání času např. 26. 1. 2021 23:34:12.
- **Nepřímé určování polohy v čase** se provádí odkazem na určitou událost, např. v době bronzové, po vyvraždění Slavníkovců, za druhé světové války, na konci druhohor apod. Všimněme si, že v tomto případě se obvykle odkazujeme na určitý časový interval nebo určité časové období, jehož poloha na absolutní časové ose je zpravidla (i když ne vždy) známá.

- solární čas,
- siderický čas,
- univerzální čas,
- atomový čas,
- koordinovaný univerzální čas,
- efemeridový čas,
- dynamický čas,
- juliánský den,
- a jiné.

- odvozován na základě astronomických pozorování (v minulosti neexistoval přesnější způsob určování času) od rotace Země vzhledem ke Slunci
- solární den začíná průchodem Slunce nad lokálním poledníkem a končí jeho následujícím průchodem nad tímto poledníkem,
- začíná tedy a končí v poledne,
- trvá 24 h,
- nepříjemností však je, že délka slunečního dne je v průběhu roku proměnlivá (důsledkem excentricity dráhy Země kolem Slunce, sklonem zemské osy, atd.)





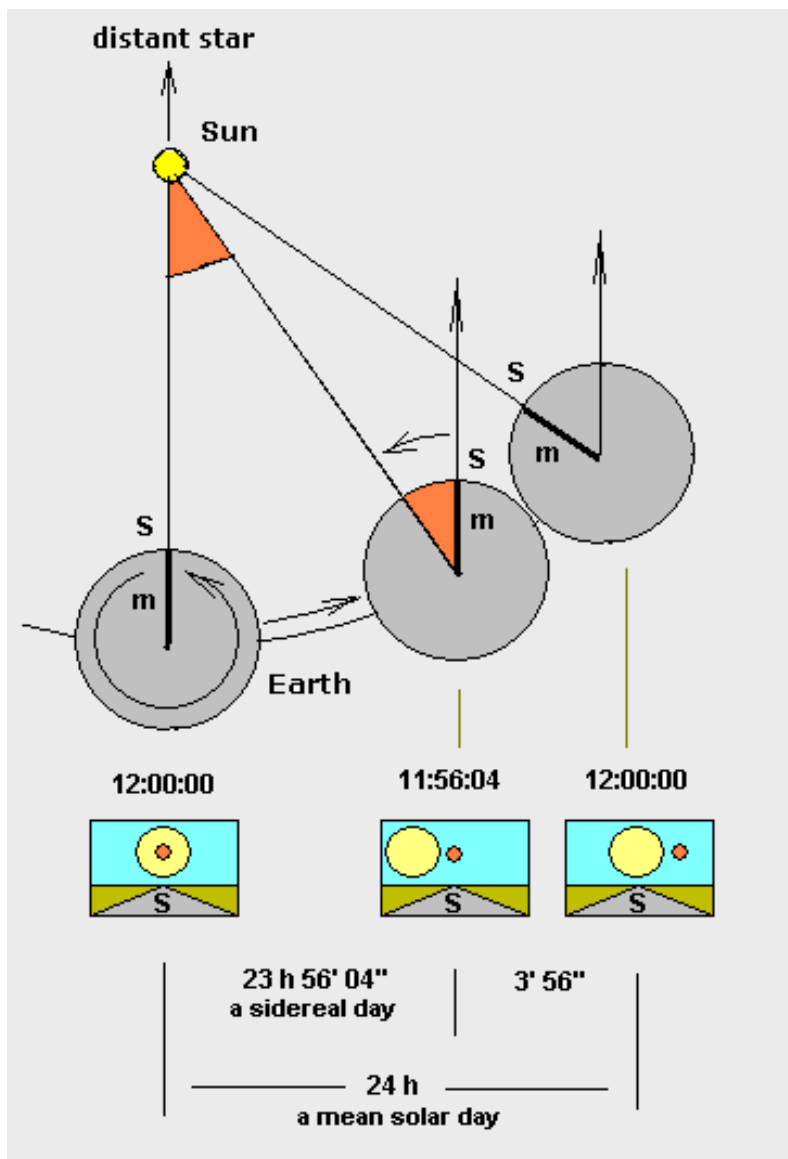
Siderický čas

- také odvozován na základě astronomických pozorování – od rotace Země vzhledem ke vzdáleným hvězdám,
- siderický den začíná průchodem velice vzdálené hvězdy nad lokálním poledníkem a končí následujícím průchodem stejné hvězdy nad tímto poledníkem,
- začíná tedy a končí v noci,
- trvá cca 23 h 56 min,

Rozdíl mezi solárním a siderickým časem

- Proč je rozdílná délka solárního a siderického dne?

Rozdíl mezi solárním a siderickým časem

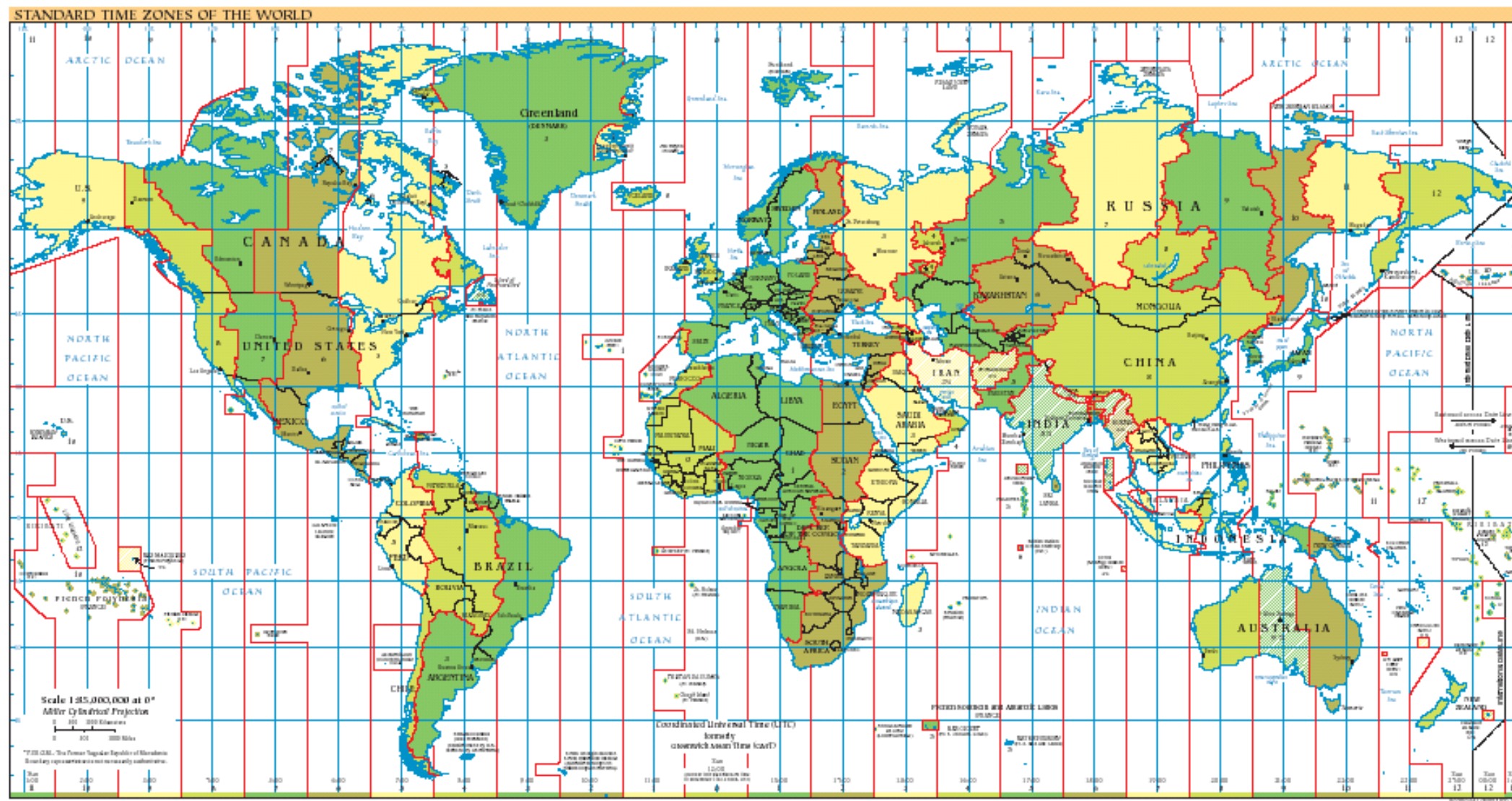


- Solární den je o něco delší než siderický den proto, že Země během jedné své otočky urazí i nezanedbatelnou část své oběžné dráhy kolem Slunce, celková doba jedné otočky Země vzhledem k Slunci je ve srovnání se siderickým dnem o něco delší.
- Čas se začal měřit nejprve vůči Slunci, solární čas je pro nás díky tomu přirozený a stal se i základem univerzálního času.

Časová pásma – pásmový čas

- Až do 19. století lidé běžně používali pro určování času lokální časy, vztažené k místním poledníkům jednotlivých míst.
- S rozvojem hromadné pozemní dopravy (především železniční) neexistence společné časové stupnice začínala být brzdou (např. železnice v USA se řídily podle 75 různých místních časů, takže sestavení jízdního řádu, zjištění doby jízdy vlaku mezi dvěma odlehlými místy apod. bylo velice problematické).
- Proto bylo nakonec domluveno zavedení tzv. *časových pásem* (angl. time zone),
- čas v každém pásmu se řídí místním časem odpovídajícím poledníku jdoucímu středem tohoto pásma.
- Začátek soustavy časových pásem: střed prvního pásma představuje nultý poledník procházející observatoří v Greenwichi v Anglii. Čas na tomto poledníku se řídí časem světovým.
- Střed vedlejšího pásma jdoucího středem Evropy představuje poledník 15° východní délky (u nás prochází Jindřichovým Hradcem). V tomto pásmu je časový údaj o 1 hodinu vyšší, než je čas světový. Postupujeme-li od nultého poledníku na západ, tak se časové údaje naopak zpožďují, jsou o celý násobek hodin menší, než je čas světový.
- U nás zaveden pásmový čas v roce 1891

Standardní čas – časová pásma



Definován v roce 1879 – Sir Sandford Fleming

Standardní čas – časová pásma



- široce zaveden v roce 1926
- Jednoznačně definován (na rozdíl od předcházejícího Greenwichského středního času)
- je roven střednímu solárnímu času vztaženému ke Greenwichskému poledníku,
- odvozován pomocí matematického vztahu, zohledňujícího tvar oběžné dráhy Země, od mnohem přesnějšího siderického času,

- je nezbytné ho dále zpřesnit:
 - základní univerzální čas odvozený od astronomických pozorování je označován zkratkou UT0.
 - zavedeme do časové stupnice UT0 korekce na posun zemských pólů a dostaneme časovou stupnici označovanou zkratkou UT1.
 - dále je možné ještě zavést korekce na kolísání rychlosti rotace Země. Dostali bychom tak časovou stupnici UT2, prakticky se však již nedělá

Atomový čas

- Pokud chceme mít k dispozici použitelnou časovou stupnici založenou na sekundě SI, musíme mít k dispozici vhodné zařízení, které ji bude realizovat. Takovým zařízením jsou **atomové hodiny**.



- Pokud budeme mít k dispozici více atomových hodin, snadno zjistíme, že mezi nimi existují (byť i minimální) rozdíly.
- Z tohoto důvodu je provozována celá řada exemplářů atomových hodin rozmístěných po celém světě (cca 220) a z jejich měření je počítán vážený průměr,
- ten představuje tzv. **atomový čas** (angl. Atomic Time; zkr. **TAI** z fr. Temps Atomique International).
- TAI dnes představuje nejlepší realizaci časové stupnice založené na sekundě SI, vykazující relativní přesnost $\pm 2 \cdot 10^{-14}$ s.den⁻¹ (v roce 1990).
- (Pozn.: 1 s za cca 100 mil let!!!)

- Hlavní nevýhoda časové stupnice UT1 – proměnlivost délky sekundy z ní odvozené – byla odstraněna v r. 1972 zavedením nové časové stupnice, tzv. **koordinovaného univerzálního času (UTC, Universal Time Coordinated)**
- Je založen na sekundě definované v rámci jednotek SI a udržované atomovými hodinami.
- Zároveň je vyžadováno, aby rozdíl mezi časovými stupnicemi UTC a UT1 nikdy nepřesáhl 0.9 s.
- UTC tak poskytuje vysoce stabilní časovou stupnici založenou na jednoznačně definované jednotce času i dobrou shodu s astronomicky odvozovanou časovou stupnicí.

- Aby byla dodržena výše uvedená podmínka maximálního povoleného rozdílu mezi oběma časy, byl do časové stupnice UTC zahrnut mechanismus tzv. **přestupných sekund**, jehož cílem je korigovat narůstající odchylky UTC a UT1
- pokud rozdíl překročí povolenou mez, je do časové stupnice UTC vložena (nebo naopak z ní vyjmuta) 1 s
- Potřebu zavedení přestupné sekundy vyhlašuje služba International Earth Rotation Service (IERS)
- Vlastní vkládání přestupných sekund v konečném důsledku znamená, že se čas UTC postupně rozchází s atomovým časem (TAI) o celý násobek sekund.
- V listopadu 2025 činil rozdíl $UTC - TAI = -37\text{ s}$ (TAI je dopředu před UTC)

- umělá časová stupnice
- nemá odpovídající fyzikální realizaci
- ale používá se – např. v astronomii
- průběžné číslo dne počítané od smluveného počátku = poledne 1. ledna roku 4713 před naším letopočtem

Juliánské datum

- rozšířením Juliánského dne o desetinnou část
- juliánský den 2 451 605 odpovídá dni, který začal v poledne 1. března 2000
- juliánský den 2 451 605.25 znamená 18 hodin téhož dne
- obvykle odvozován od UTC

- definované například takto: $MJD = JD - 2\,400\,000,5$
- touto definicí je počátek posunut na půlnoc (!!!) 17. listopadu 1858
- existují i jiné definice modifikovaného juliánského data
- proto není příliš doporučováno jeho používání

- existuje celá řada dalších časových stupnic
- nejsou určeny pro běžné uživatele geoinformačních technologií
 - geologický čas
 - historický čas

Eon	Éra	Útvar		Oddělení	Stupeň	Čas (mil. let)
fanerozoikum	Kenozoikum	kvartér		holocén		0,01
				pleistocén		1,8
		terciér	neogén	pliocén	gelas	5,3
					piacens	
					zanc	
					messin	
			miocén		torotn	24
					serraval	
					langh	
					burdigal	
					aquitan	
			paleogén	oligocén	chatt	33
					rupel	
				eocén	priabon	53
					barton	
					lutet	
					ypres	
			paleocén		thaned	65
					seland	
					dan	

Historický čas

Období	Podrobnější členění	
pravěk	???	
	eneolit	
	doba kamenná – neolit	starší
		mladší
	doba dronzová – mezolit	starší
		mladší
	doba železná – paleolit	starší
		mladší
starověk	Egypt	
	Mezopotámie	
	antické období	
středověk	ranný	
	vrcholný	
	pozdní	
novověk		

- Při měření času se můžeme někdy dostat do situace, kdy potřebujeme synchronizovat používaná časoměrná zařízení, vzdálená i několik tisíc kilometrů od sebe.
- můžeme použít
 - přijímače GPS (GNSS)
 - přijímače tzv. **časových signálů**.

Časové signály

- Časové signály jsou vysílány speciálními rádiovými vysílači a jsou dnes běžně používány mimo jiné i pro synchronizaci domácích hodin a budíků
- Pro nás má v současné době význam především německá stanice DCF 77, která vysílá nepřetržitě v pásmu dlouhých vln z vysílače v Mainflingene (nedaleko od Frankfurtu nad Mohanem). Dosah vysílače je kolem 1500 – 2000 km, takže spolehlivě pokrývá celý evropský region.

Děkuji za pozornost

Michal Kačmařík

michal.kacmarik@vsb.cz

www.vsb.cz