



Softwarové řešení problémů souvisejících s konstrukcí taktového grafikonu

Vít Janoš, Karel Baudyš, Dirk Bräuer, Vasco Paul Krauss¹

Abstract: There is less to say within the audience for the today's needs of an exact and flexible planning of train paths within the European railway network. FBS is a programme family for railway conception, which has been developed since 1993 by the Institute for Traffic Planning Systems in Leipzig and Dresden. Naturally, it combines the opportunities of today's computer technology with scientific calculations and the knowledge of daily railway operation. FBS represents an efficient tool concerning creation of timetables and utilization of obtained data. The train diagram is the most important document when conceptualising a new timetable. Here, position and sequence of trains are being fixed. When creating timings, two difficulties may occur: firstly, calculation of timings depend on a host of different factors which need to be taken into an account, secondly, drawing a train diagram is very time-consuming. FBS has been developed for the last 10 years to an integrated tool for timetabling. It defines an optimised interaction between infrastructure, rolling stock and operation.

Klíčová slova: železnice, grafikon, jízdní řád, software

V současné době je za nejvhodnější strategii nejen v dálkové, ale i v regionální dopravě považována koncepce taktového grafikonu. Ve Švýcarsku (koncepce Bahn und Bus 2000) a ve většině zemí Evropské unie je koncepce integrálního taktového grafikonu považována za nezbytný standard veřejných služeb. Účinky zavedení koncepce taktového grafikonu jsou v uvedených zemích naprosto zřejmé, výrazný nárůst přepravených cestujících ve srovnání s obdobím, kdy veřejná doprava byla koncipována nesystematicky (pouze na základě předpokládané poptávky po přepravě). Problematika tvorby taktových grafikonů se stává aktuální v souvislosti s trvalým odlivem cestujících od železnice a hromadné dopravy obecně.

Hlavním znakem taktového grafikonu je četná a pravidelná nabídka spojení, která by měla být ekvivalentem k prostorové dostupnosti individuální automobilové dopravy. Všechny spoje určitých skupin nabídky jsou provozovány v delším časovém období ve své celé trase nebo její podstatné části v konstantních časových vzdálenostech (perioda taktu, interval taktu, doba taktu).

Při sestavě taktového grafikonu na jednotlivých tratích je třeba dodržet následující podmínky: Pro vlaky jedoucí jedním i druhým směrem platí stejná pravidla. Jsou-li jízdní doby shodné v obou směrech, potom se křížují vlaky stejného druhu vždy na tom samém místě a v té samé minutě. Tento časový údaj je definován jako "čas symetrie", resp. "osa symetrie". Při hodinovém taktu jsou od sebe osy symetrie vzdáleny 30 minut, při dvouhodinovém taktu 60 minut. Tato vzdálenost je tedy rovna polovině doby taktu. Evropské železniční správy

¹ Ing. Vít Janoš, Fakulta dopravní ČVUT, Katedra aplikované matematiky, Na Florenci 25, 110 00 Praha 1 (janos@fd.cvut.cz)

Ing. Karel Baudyš, iRFP Dresden, Institute for traffic planning systems, Fasanenweg 12, D-04420 Frankenheim (baudys@irfp.cz)

Dipl.-Ing. Dirk Bräuer, iRFP Leipzig, Institute for traffic planning systems, Fasanenweg 12, D-04420 Frankenheim (dirk@irfp.de)

Dipl.-Ing. Vasco Paul Krauss, iRFP Dresden, Institute for traffic planning systems, Fasanenweg 12, D-04420 Frankenheim (krauss@irfp.de)

provozující taktový grafikon (SBB, DB, ÖBB, NS) stanovily jednotně po vzoru SBB osy symetrie na čas hh.00 a hh.30 a to z důvodu nepropojitelnosti sítí se shodnou dobou taktu a odlišnou osou symetrie.

Integrální taktový grafikon (ITG) vzniká vzájemným spojením jednotlivých taktových linek (různých dopravních systémů). Taktové linky jsou vzájemně prostorově spojeny takovým způsobem, že lze uskutečnit optimální přestupní podmínky pro přímé přepravní řetězce.

V souvislosti se zavedením taktového grafikonu jsou nezbytné určité změny v délce jízdních dob a v propustnosti jednotlivých traťových úseků. Aby taktový grafikon fungoval, musí být splněné přesně definované okrajové podmínky. Mezi uzly je zapotřebí docílit jízdní doby 30 nebo 60 minut (včetně pobytů v uzlech, mezilehlých stanicích a zastávkách) podle navrhovaného taktu, aby jízdní doba mezi uzly odpovídala libovolnému celočíselnému násobku vzdálenosti os symetrie (polovině délky taktu). Z definice osy symetrie vyplývá, že taktový grafikon musí být nastaven tak, aby ke křižování vlaků stejné kategorie docházelo v uzlech. Protože z uzlů vychází více tratí, křižováním vlaků stejné kategorie jsou vytvořeny ideální podmínky pro modelování přípojových vazeb. V uzlových stanicích, které nesplňují výše uvedené omezující podmínky, lze vytvářet směrové přípoje podle kritéria počtu přestupujících cestujících.

Zavedením integrálního taktového grafikonu jsou zákazníkům nabízena stejně výhodná spojení v relativně krátkých, pevných intervalech (perioda taktu). To znamená, že vlaky jsou provozovány ve stejných relacích a tím se vytváří taktově linková síť. Na rozdíl od komerčních (nesystematických) grafikonů, v nichž se plánuje časová poloha jednotlivých vlaků ve fázi návrhu zvlášť, jsou jízdy vlaků v integrálním taktovém grafikonu předem dány taktově linkovou sítí. Vysoká kvalita taktového grafikonu předpokládá vytvoření kvalitní sítě linek.

Sestava a prověření omezujících technologických podmínek taktového grafikonu je však náročná úloha. Stav železniční infrastruktury a její plánování je většinou závislé na politických a ekonomických cílech, které mají značný dopad na sestavu ITG. Stav infrastruktury je tak přímo konfrontován s požadavky na kvalitní síť linek a naprosto přesné jízdní doby mezi jednotlivými uzly. V neposlední řadě je nutno pamatovat na propustnost infrastruktury s ohledem na trasy nákladních vlaků. Při pokusu o sestavu ITG je nutné dokázat zodpovědět následující dotazy:

- pokud je nutné měnit délku jízdních dob, jak?
- bude možné zavést ITG na jednokolejných tratích s omezenými možnostmi křižování?
- jaký vliv na jízdní doby bude mít použití výkonnějšího vozidla?
- jaký vliv na jízdní doby bude mít použití jednotek s naklápací skříní?
- jaké infrastrukturní úpravy musí proběhnout, aby bylo možno dosáhnout požadovaných jízdních dob?
- jak lze naplánovat trasy nákladních vlaků, aby nastal minimální počet předjíždění mezi rozdílně rychlými vlaky?

Na všechny tyto dotazy existuje odpověď. Výzkumný tým K 611 FD ČVUT se podílí na vývoji programu FBS (Fahrplan Bearbeitungs System), jehož autorem je iRFP Dresden. Jedná se o softwarový produkt určený ke konstrukci grafikonového listu s jehož pomocí lze snadno, rychle a zcela přesně všechny možné varianty grafikonu prověřit.

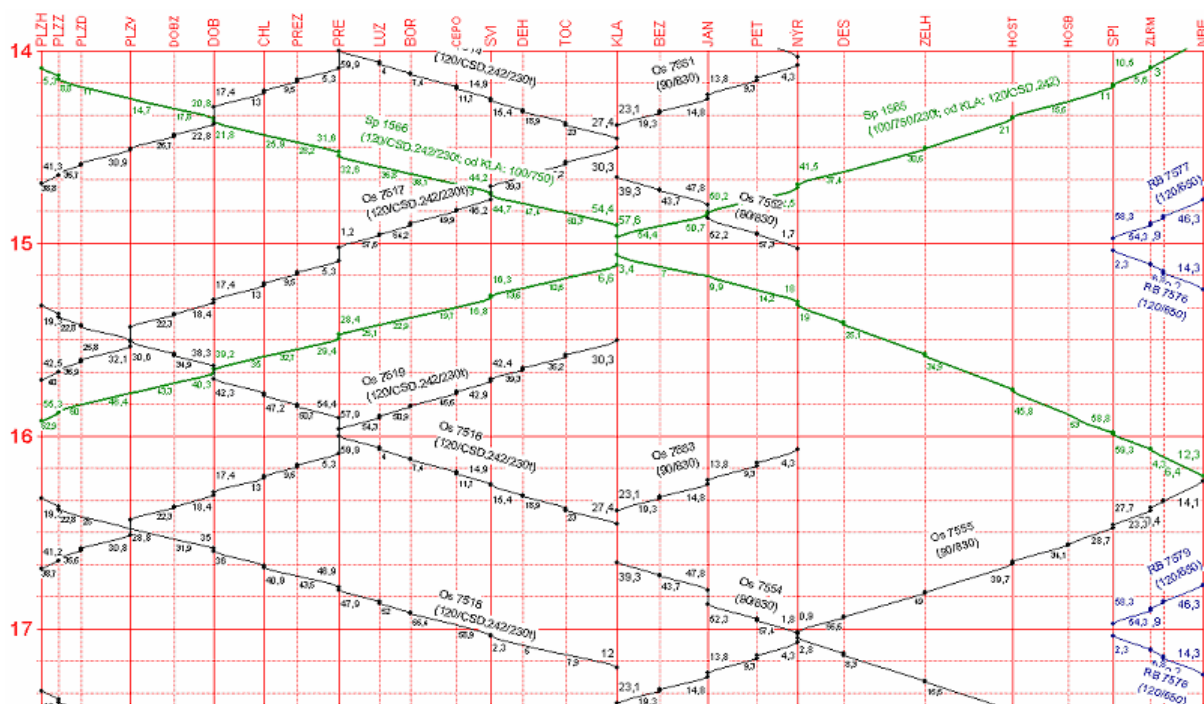
Při výpočtu teoretických jízdních dob je cílem, omezit množství zjednodušujících předpokladů na minimum a pokud možno pravdivě popsat skutečnou jízdu vlaku: obecný

nerovnoměrný pohyb s proměnlivým zrychlením s důrazem na vlivy působících sil. Sestavení matematické rovnice jízdy vlaku a její řešení je velmi komplikovaná úloha, která nemá obecné analytické řešení. Je nutné sestavit diferenciální rovnici jízdy vlaku, která zohlední všechny proměnné a jejich funkční závislosti na rychlosti jízdy, trakční charakteristice, zrychlení a jízdních odporech. Výsledná integrace je možná prakticky pouze s použitím výpočetní techniky. Výstupy této integrace můžeme použít jako podklady pro sestavení teoretických tachogramů (závislost rychlosti jízdy v na ujeté dráze l , $v = f(l)$) a chronogramů jízdy (závislost času na ujeté dráze $t = f(l)$). Exaktní stanovování jízdních dob tak znamená, že přijmeme určitá jednotná pravidla, pro jejich výpočty.

FBS obsahuje kompletní vzorce a metody pro výpočet jízdní doby a dynamiku železničních vozidel, které byly doposud využívány především ve výzkumu. Tímto se vytváří fundované podklady pro podporu rozhodování při investičních akcích v oblasti dopravní infrastruktury nebo nákupu nových vozidel, kdy je průkazně patrný přímý vliv celé investice.

FBS se skládá z více programových částí a modulů, které využívají jednotnou datovou základnu, mají jednotný design a jsou vzájemně silně integrovány.

Program FPL je určen k tvorbě grafikonového listu. Pro výpočet jízdní doby lze buď využít programového výpočtu jízdní doby nebo předvolených pevných jízdních dob. Je tím umožněno rychlé prověřování důsledků změny délky jízdní doby. FPL umožňuje velmi rychlé prověřování jednotlivých variant dopravního konceptu. Modul FPL nabízí jedinečné funkce jako například automatické vyhledávání trasy a výpočet jízdní doby při současném zjištění případného konfliktu, kopírování vlaků v taktu apod.



ukázka výstupu z programu FPL (výsek grafikonového listu Plzeň – Železná Ruda)

Program BFO umožňuje přenosem dat z nákrešného jízdního řádu vytvoření přehledného plánu obsazení staničních kolejí.

S programem Netz lze převést vytvořené nákrešné jízdní řády a plány obsazení staničních kolejí v každodenně používané podklady – např. do podoby knižních i sešitových (tabelárních) jízdních řádů. S programem Netz lze rovněž vytvořit varianty oběhů hnacích vozidel.

Při výpočtu jízdní doby vychází FBS především ze zadané trakční charakteristiky vozidla a dále zohledňuje hmotnost vlaku, předpokládanou přírážku k jízdní době, předepsaný způsob brždění, vliv zabezpečovacího zařízení apod.

Jsou to právě technické parametry hnacích vozidel, které jsou určující pro délku jízdních dob a určující, zda bude možné na dopravní infrastrukturu dosáhnout mezi dvěma uzlovými stanicemi takovou jízdní dobu, aby bylo technologicky možné realizovat přípoje. V této souvislosti je nutno brát zřetel přesnost dopravy, která úzce souvisí s výší pravidelných přírážek k jízdní době.

Jelikož taktový grafikon klade neobyčejně vysoké nároky na přesnost (jinak nejsou dodržovány přípojové vazby a systém se hroutí), je při jeho sestavování a výpočtu délek pravidelných jízdních dob nutné uvědomit si následující aspekty:

- vhodná volba přírážek zajišťuje stabilitu grafikonu (doporučená výše přírážky se liší v závislosti na typu řídicí regulace lokomotivy)
- využívání vyšších rychlostí je energeticky velmi náročné a vyvolává tudíž patřičné náklady na trakční energii
- pokud se náklady spojené s vyšší energetickou náročností neprojeví tak výrazným způsobem na zkrácení jízdních dob, aby odpovídajícím ziskem z přepravy většího počtu osob tyto náklady pokryly, nemá používání vyšších rychlostí význam
- zkrácení jízdních dob lze u určitých typů a kategorií vlaků docílit místo zvyšování rychlostí nasazením jiných vozidel s vhodnější trakční charakteristikou
- existují případy, kdy se při dosažení stejné jízdní doby z dlouhodobého pohledu ekonomicky vyplatí infrastrukturní úprava (přeložka trati) ve srovnání se zvýšením traťové rychlosti
- použití silné lokomotivy neznamena automaticky krátké jízdní doby, důležitým aspektem je tvar trakční charakteristiky
- energetickou náročnost dopravy lze rovněž ovlivnit i vhodným nasazováním vozidel v závislosti na jejich regulaci
- při konstrukci vlakových tras je nutné zohledňovat vztah spotřeby trakční energie a nákladů, pokud to je technologicky možné a propustnost trati to dovoluje

Závěr

Důsledkem softwarové podpory konstrukce železničního grafikonu je široká škála ekonomicky měřitelných výstupů určujících finanční náročnost zavedení taktového grafikonu. Veškerá potřebná opatření týkající se investic do infrastrukturních úprav a vozového parku lze snadno, rychle a spolehlivě prověřit a zhodnotit dříve, než nastane jejich bezprostřední realizace. Význam softwarového balíku FBS neleží pouze v jeho nesporných přednostech při konstrukci grafikonového listu, ale i v jeho přínosu v oblasti simulace.