

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

Řešení vybraných provozních problémů osobní
železniční stanice v rámci simulačního modelu

Ing. Michael Bažant

Disertační práce
2009

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2009/2010

Studijní program: Technika a technologie v dopravě
Forma: Kombinovaná
Obor/komb.: Technologie a management v dopravě

PODKLAD PRO ZADÁNÍ DISERTAČNÍ PRÁCE STUDENTA

PŘEDKLÁDÁ:	ADRESA	OSOBNÍ ČÍSLO
Ing. BAŽANT Michael	Trnkova 5, Olomouc	D050901

NÁZEV TÉMATU ČESKY:

Řešení vybraných provozních problémů osobní železniční stanice v rámci simulačního modelu

NÁZEV TÉMATU ANGLICKY:

Solutions of selected operational problems related to passenger railway station within simulation model

VEDOUcí PRÁCE:

doc. Ing. Antonín Kavička, Ph.D. - KST

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Přehled současného stavu osobní železniční dopravy
2. Provozní problémy osobních železničních stanic
3. Metody využitelné při řešení provozních problémů v rámci simulačních modelů osobních železničních stanic
4. Vybrané problémy osobních železničních stanic a jejich řešení v simulačním modelu

SEZNAM DOPORUČENÉ LITERATURY:

- KŘIVÝ, Ivan, KINDLER, Evžen. Simulace a modelování. Ostrava : Ostravská univerzita, 2001. 146 s.
- KAVIČKA, Antonín, KLIMA, Valent, ADAMKO, Norbert. Agentovo orientovaná simulácia dopravných uzlov. Žilina : Žilinská univerzita, 2005. 206 s. ISBN 80-8070-477-5.
- FLODR, František. Dopravní provoz železnic: technologie železničních stanic. 1. vyd. Bratislava : Alfa, 1990. 315 s. ISBN 80-05-00598-9.
- BANKS, J. Handbook of Simulation. New York: John Wiley & Sons, 1998. 850s. ISBN 0-471-13403-1.
- NGUYEN, Hung T., et al. A First Course in Fuzzy and Neural Control. Boca Raton : Chapman & Hall/CRC, 2003. 301 s. ISBN 1-58488-244-1.

Podpis studenta:

Michael Bažant

Datum:

30.12.2008

Podpis vedoucího práce:

Antonín Kavička

Datum:

30.12.2008

SOUHRN

Tato disertační práce se soustřeďuje na zkvalitnění podpory rozhodování o řešení provozních problémů sledovaných v rámci simulačních modelů osobních železničních stanic a poskytuje výsledky, které jsou využitelné právě v simulačních nástrojích zaměřených na simulaci provozu osobních železničních stanic. Řešenými problémy jsou rozhodování o čekání přípojného vlaku na zpožděný příjezdějíci vlak a přidělování náhradní nástupištní koleje pro příjezdějíci zpožděný vlak.

KLÍČOVÁ SLOVA

simulační modely; železniční doprava; vícekritériální rozhodování; umělé neuronové sítě

TITLE

Solutions of selected operational problems related to passenger railway station within simulation model

ABSTRACT

This dissertation is focused on improving support for decision making in operational problems within simulation models of railway stations and provide results that are applicable in simulation tools for simulation of traffic in passenger railway stations. Thesis is mainly focused on two problems – (i) decision making in question of waiting connection train for delayed arriving train and (ii) platform track assignment for delayed arriving train.

KEYWORDS

simulation models; railway transport; multiple-criteria decision making; artificial neural networks

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval svému školiteli doc. Ing. Antonínu Kavičkovi, Ph.D. za vedení během celého studia a dále za cenné rady, náměty a připomínky, bez nichž by tato práce nikdy nevznikla.

Obsah

1	Úvod	10
2	Přehled současného stavu osobní železniční dopravy	12
2.1	Postavení osobní železniční dopravy v Evropské unii	12
2.1.1	Trendy v osobní dopravě v Evropské unii	12
2.1.2	Předpokládaný vývoj osobní dopravy v Evropské unii	13
2.1.3	Cíle evropské dopravní politiky	13
2.1.4	Význam osobní železniční dopravy pro Evropskou unii	14
2.2	Osobní železniční doprava v České republice	14
2.2.1	Význam osobní železniční dopravy v České republice	15
2.2.2	Cíle dopravní politiky ČR v oboru osobní dopravy pro léta 2005–2013	15
2.2.3	Trendy v osobní železniční dopravě v ČR	16
2.3	Osobní železniční doprava ve světě	16
2.4	Osobní železniční stanice a jejich význam v železniční dopravě	17
3	Provozní problémy osobních železničních stanic	19
3.1	Plánování provozu v osobních železničních stanicích	19
3.1.1	Strategické plánování	20
3.1.2	Taktické plánování	20
3.1.3	Operativní řízení	20
3.2	Osobní železniční stanice jako systém hromadné obsluhy	20
3.3	Vymezení systému osobní železniční stanice	21
3.3.1	Koncová osobní nádraží	22
3.3.2	Průjezdná osobní nádraží	23
3.3.3	Smíšená osobní nádraží	23
3.4	Problémy při plánování a řízení provozních procesů v osobních železničních stanicích	24
4	Simulace	26
4.1	Metodika	26
4.1.1	Model	26
4.1.2	Modelování	27
4.1.3	Simulace	27
4.2	Počítačová simulace	28
4.3	Zkoumání systémů hromadné obsluhy s podporou simulace	28
4.4	Zkoumání osobních železničních stanic na odlišných rozlišovacích úrovních	28
4.4.1	Zkoumání stanice na makroskopické úrovni	29
4.4.2	Zkoumání stanice na mikroskopické úrovni	30
4.4.3	Zkoumání stanice na mezoskopické úrovni	30
5	Metody využitelné při řešení provozních problémů v rámci simulačních modelů osobních železničních stanic	32
5.1	Vícekritériální rozhodování	32
5.1.1	Specifika vícekritériálního rozhodování	33
5.1.2	Přístupy k vícekritériálnímu hodnocení variant	35
5.2	Stručný přehled metod umělé inteligence	42

5.3	Umělé neuronové sítě	43
5.3.1	Oblasti využití neuronových sítí	44
5.3.2	Druhy neuronových sítí	45
5.3.3	Vícevrstvá perceptronová síť	47
5.4	Další metody využitelné při řešení problémů souvisejících se simulací provozu osobních železničních stanic	51
6	Vybrané problémy osobních železničních stanic a jejich řešení v simulačním modelu	53
6.1	Přehled simulátorů osobních železničních stanic	54
6.1.1	Villon	54
6.1.2	RASIM	54
6.1.3	Railsys	55
6.1.4	OpenTrack	55
6.2	Aktuální stav řešení vybraných problémů v simulačních modelech	55
6.3	Rozhodování o čekání přípojného vlaku na přijíždějící zpožděný vlak	56
6.3.1	Předpisy	58
6.3.2	Využití metody plánování událostí	59
6.3.3	Využití navrženého algoritmu	64
6.4	Úvod do problematiky přidělování nástupištní koleje přijíždějícímu zpožděnému vlaku	64
6.5	Přidělování nástupištní koleje založené na analýze historických provozních dat	65
6.6	Přidělování nástupištní koleje založené na znalosti práce dispečerů	70
6.6.1	Kritéria pro určení náhradní nástupištní koleje	70
6.6.2	Případová studie a příklady sestavených kriteriálních matic	75
6.6.3	Řešení s využitím matematických metod	77
6.6.4	Řešení s využitím umělých neuronových sítí	82
6.7	Shrnutí přínosů k metodikám výstavby simulačních modelů osobních železničních stanic	87
7	Závěr	88
	Seznam bibliografických citací	89
	Přílohy	94
A	Modelování čekání přípojného vlaku na přijíždějící zpožděný vlak s využitím Petriho sítí	95
B	Vybrané kriteriální matice vyhodnocené v rámci případové studie	99

Seznam obrázků

2.1	Vývoj přepr. výkonů osobní dopravy v EU(27) v letech 1995–2006.	12
2.2	Vývoj přepr. výkonů v os. žel. dopravě ve vybraných státech světa.s	17
3.1	Ilustrační schéma infrastruktury koncového osobního nádraží	23
3.2	Ilustrační schéma průjezdného osobního nádraží	24
3.3	Ilustrační schéma smíšeného osobního nádraží	24
5.1	Struktura vícekritériálního hodnocení.	34
5.2	Formální neuron.	44
5.3	Příklad uspořádání třívrstvé perceptronové sítě se třemi vstupy a dvěma výstupy. 48	
5.4	Příklad uspořádání neuronové sítě s jednou skrytou vrstvou.	49
6.1	Vztah mezi příjíždějícím a přípojným vlakem bez zpoždění.	57
6.2	Vztah mezi zpožděným příjíždějícím vlakem a přípojným vlakem.	58
6.3	Událostně orientovaný model čekání přípojných vlaků na zpožděný příjíždějící vlak.	59
6.4	Ukázka uplatnění algoritmu čekání přípojného vlaku na příjíždějící zpožděný vlak v simulačním nástroji Villon	65
6.5	Složky celkového času obsazení nástupištní koleje	66
6.6	Případy časových kolizí v obsazení nástupištní koleje	67
6.7	Případy časových kolizí v obsazení nástupištní koleje se zvýrazněnou dobou průniku na nástupištní koleji	68
6.8	Náhled vytvořené aplikace pro výpočet vah kritérií. Zdroj: [41]	70
6.9	Určení množiny přípustných kolejí	71
6.10	Celková doba obsazení jedním vlakem	72
6.11	Příjezd zpožděného vlaku $^j r$ v době obsazení uvažované koleje vlakem $^i r$	72
6.12	Schéma k výpočtu hodnoty kritéria B – uvažovaná kolej je v době příjezdu zpožděného vlaku volná	73
6.13	Schéma k výpočtu hodnoty kritéria B – uvažovaná kolej je v době příjezdu zpožděného vlaku obsazena	74
6.14	Ilustrační schéma k vyhodnocení časového intervalu pro určení hodnoty kritéria C 74	
6.15	Schéma infrastruktury kolejiště použité pro ověření metodik.	76
6.16	Nástroj pro tvorbu „Plánu obsazení kolejí“.	81
6.17	Zjednodušené schematické znázornění použité neuronové sítě	82
6.18	Struktura použité neuronové sítě ve výpočetním prostředí MATLAB.	84
6.19	Parametrizace první vrstvy použité neuronové sítě.	85
6.20	Parametrizace druhé vrstvy použité neuronové sítě.	85
6.21	Graf vývoje úspěšnosti neuronové sítě v závislosti na počtu učících epoch.	86
A.1	Deklarace v rámci nástroje CPN tools	95
A.2	Graf přechodů pro počáteční značení $^1 M_0$	96
A.3	Petriho síť odrážející algoritmus čekání odjíždějícího vlaku na přípojný vlak	97
A.4	Graf přechodů pro počáteční značení $^2 M_0$	98
A.5	Graf přechodů pro počáteční značení $^3 M_0$	98

Seznam tabulek

2.1	Předpokládaný vývoj přepravních výkonů v osobní dopravě v EU do roku 2030.	13
2.2	Předpokládané tempo růstu přepr. výkonů v osobní dopravě v EU do roku 2030.	14
2.3	Mezioborové srovnání přepravních výkonů osobní dopravy v ČR [mil. oskm].	15
2.4	Předpokládaný přepravní výkon v os. dopravě v ČR pro období let 2010 a 2015 [mil. oskm].	16
4.1	Míra rozlišení uplatňovaná v rámci různých typů simulátorů žel. stanic	29
5.1	Saatym doporučená bodová stupnice s jejím významem.	39
6.1	Vyhodnocená kritériální matice pro R 424 v případě, kdy je zpožděn o 20 minut.	77
6.2	Vyhodnocená kritériální matice pro R 424 v případě, kdy je zpožděn o 8 minut.	78
6.3	Porovnání úspěšnosti jednotlivých metod vícekritériálního hodnocení variant.	80
6.4	Výsledky metod vícekritériálního hodnocení variant pro R 424 v případě, kdy je zpožděn o 20 minut.	80
6.5	Kolej vybraná umělou neuronovou sítí pro R 424 v případě, kdy je zpožděn o 20 minut.	83
6.6	Kolej vybraná umělou neuronovou sítí pro R 424 v případě, kdy je zpožděn o 8 minut.	86

Seznam zkratek

CER	Společenství evropských železnic
ČD	České dráhy, a. s.
GVD	Grafikon vlakové dopravy
IAD	individuální automobilová doprava
IC	vlak kategorie Intercity
IUPT	Mezinárodní unie veřejné dopravy
MCDA	Multi Criteria Decision Analysis
MCDM	Multi Criteria Decision Making
NN	neural network (neuronová síť)
ON	odstavné nádraží
R	vlak kategorie rychlík
SOM	Self Organising Maps
SOFM	Self Organising Feature Maps
UIC	Mezinárodní železniční unie
UNIFE	Unie evropských železničních podniků

Seznam použitých matematických symbolů

N	množina celých nezáporných čísel
$ A $	mohutnost množiny A
$A \setminus B$	množinový rozdíl
$R_l \leftarrow j_r$	přidání prvku j_r do množiny R_l
$R_l \rightarrow j_r$	odebrání prvku j_r z množiny R_l
P	množina míst
T	množina přechodů
M_0	počáteční značení sítě
M_0	počáteční značení sítě

1 Úvod

Kvalitní systémy osobní dopravy jsou neodmyslitelnou součástí ekonomiky a kvality života všech obyvatel. Rostoucí poptávka po dopravě je většinou doprovázena zvýšeným používáním automobilů, což má za následek vyšší znečištění životního prostředí, vyšší nehodovost a dopravní kongesce. Důsledkem toho lze v mnoha příměstských oblastech označit používání osobního automobilu spíše za ztrátu mobility.

Z tohoto důvodu je velmi důležité, aby byly dopravní systémy navrhovány za účelem uspokojování dopravních potřeb obyvatel a rovněž aby byly dostatečně flexibilní k měnícím se požadavkům. Stejně tak je nezbytné zvýšit podporu veřejné dopravy.

Cílem musí být propojení veřejných dopravních systémů tak, aby byl cestujícím umožněn bezproblémový přestup z vlaků dálkové dopravy na vlaky regionální dopravy, z vlaků na autobusy, z osobních automobilů na systémy veřejné dopravy apod.

Koncepce železniční dopravy, jejíž vybrané partie jsou předmětem této práce, je zaměřena na bezpečnost, rychlost, spolehlivost, pohodlí, musí však být přizpůsobena nejen požadavkům na obslužnost a hybnost obyvatel v osobní dopravě, ale i na efektivitu a produktivitu provozu.

Důležitou součástí železniční sítě jsou železniční stanice, které jsou cestující veřejností vnímány zejména po přepravní stránce. Přepravní procesy jsou samozřejmě důležitou součástí celého systému osobní železniční dopravy, ale z hlediska samotného přemísťování osob jsou důležitější dopravní procesy, jimž se věnuje tato disertační práce.

Cílem této disertační práce je věnovat pozornost osobním železničním stanicím jakožto důležitým bodům v rámci systému osobní železniční dopravy, analyzovat problematiku provozních problémů vyskytující se v běžném provozu osobních železničních stanic, navrhnout jejich řešení a poté ověřit řešení vybraných problémů na simulačním modelu. Po ověření navržených metodik mohou závěry této disertační práce posloužit nejen k řešení provozních problémů osobních stanic v rámci simulačních modelů, ale také v reálném provozu (např. jako systémy pro podporu rozhodování).

Provozu v osobních stanicích a odstavných nádražích je dlouhodobě věnována pozornost, neboť představují důležitá místa na síti. Provozem v osobních stanicích se zabývají například publikace [24], [30] a [43].

V uplynulé dekádě se podařilo dosáhnout významného pokroku na poli mikroskopické simulace provozu železničních uzlů [33]. V této souvislosti byl vyvinut specializovaný simulační nástroj Villon, který poskytuje integrované vývojové prostředí, v jehož rámci lze budovat simulační modely různých typů železničních uzlů (resp. stanic) a následně provádět příslušné simulační experimenty spolu s vyhodnocováním jejich výsledků.

Tato disertační práce se soustřeďuje na zkvalitnění podpory rozhodování o řešení provozních problémů sledovaných v rámci simulačních modelů železničních stanic a poskytuje výsledky, které jsou využitelné právě v simulačních nástrojích zaměřených na simulaci provozu osobních železničních stanic.

Pro uvedení do problematiky železniční dopravy je v kapitole 2 uveden aktuální stav osobní železniční dopravy v ČR, Evropské unii a také ve vybraných státech světa.

V kapitole 3 je uvedena problematika strategického a taktického plánování a rovněž problematika operativního řízení v osobních železničních stanicích, dále je vymezen systém osobní železniční stanice a je poukázáno na problémy při plánování a řízení provozu v osobních železničních stanicích.

Kapitola 4 je věnována simulaci, jsou zde uvedeny základní pojmy z této oblasti a je zde také věnována pozornost různým rozlišovacím úrovním, na kterých lze zkoumat provoz v osobních železničních stanicích.

V kapitole 5 jsou uvedeny metody, které jsou využitelné při řešení rozhodovacích problémů v simulátorech osobních železničních stanic. Nejprve je zaměřena pozornost na matematické metody používané při řešení rozhodovacích problémů a dále jsou blíže představeny relevantní metody umělé inteligence.

Kapitola 6 je jádrem disertační práce, protože je v ní obsažen originální přístup při řešení rozhodovacích problémů, které se běžně vyskytují v provozu osobních železničních stanic a při simulaci stanic tohoto typu s uvažováním příjezdu zpožděných vlaků je nutné tyto problémy řešit v simulačních nástrojích.

2 Přehled současného stavu osobní železniční dopravy

V rámci této kapitoly je uveden aktuální přehled koncepčních materiálů, dopravní politiky a výkonů (již vykonaných i plánovaných) z oblasti osobní železniční dopravy v České republice, v Evropské unii a také ve vybraných státech světa.

2.1 Postavení osobní železniční dopravy v Evropské unii

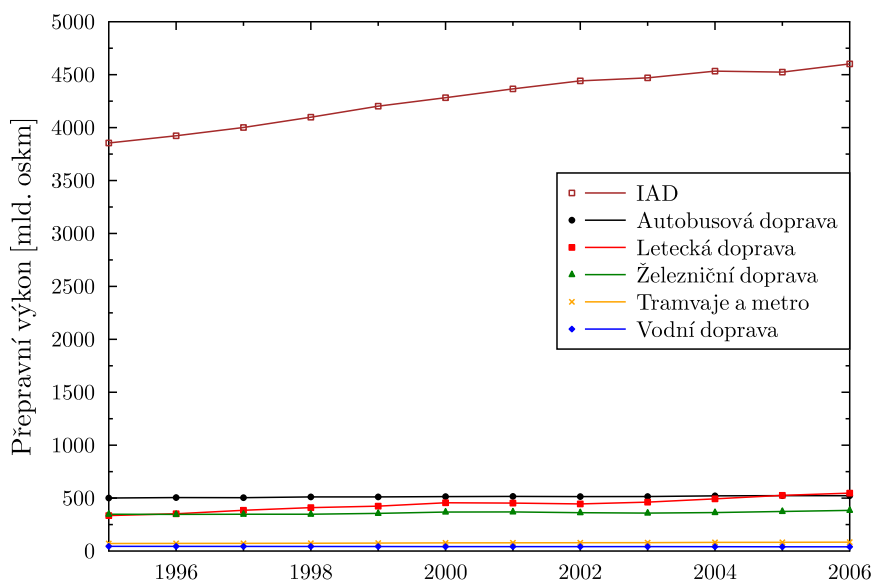
Základním dokumentem, který se zabývá trendy v dopravě je Bílá kniha [66]. Tento dokument analyzuje trendy v dopravě, navrhuje hlavní cíle dopravní politiky Společenství, diskutuje způsoby řešení různých dopravních problémů Unie a navrhuje náročný a podrobný akční program.

2.1.1 Trendy v osobní dopravě v Evropské unii

V období let 1995–2006 došlo k průměrnému růstu přepravních výkonů v osobní dopravě o 1,4 % za rok, přičemž nejvyšší nárůst v tomto období zaznamenala letecká doprava (v uvedeném období roste průměrně o 4,6 %). Osobní železniční doprava, která je předmětem této práce rostla v letech 2005 a 2006 tempem cca 3 % ročně, v letech 1995–2006 potom průměrně o 1 % ročně.

Z obrázku 2.1 je patrné rozložení osobní dopravy mezi jednotlivé dopravní obory. Z hlediska celkového objemu přepravních výkonů je dominantním oborem individuální automobilová doprava (IAD), která má dlouhodobě rostoucí charakter. Mimo již uvedenou leteckou a individuální dopravu si ostatní dopravní obory v podstatě udržují konstantní průběh přepravních výkonů.

Vývoj přepravních výkonů osobní dopravy v zemích EU (27) v letech 1995–2006



Obrázek 2.1: Vývoj přepr. výkonů osobní dopravy v EU(27) v letech 1995–2006. Zdroj: [19].

Celkový vnitřní přepravní výkon v osobní dopravě (zahrnující individuální automobilovou dopravu, autobusovou dopravu, železniční dopravu, městskou hromadnou dopravu) dosáhl ve 27 členských státech EU v roce 2006 přibližně 6 332 miliard osobových kilometrů, což při přepočtu na jednoho občana Evropské unie činí 13 760 kilometrů. Z tohoto přepravního výkonu připadá 75,1 % na IAD, autobusovou dopravu 8,3 %, leteckou dopravu 8,6 % železniční dopravu 6,1 % a městskou hromadnou dopravu 1,3 %.

V Bílé knize EU jsou jasně definovány cíle evropské dopravní politiky do roku 2010. Motivem vzniku tohoto dokumentu byla disproporce požadavků společnosti na přepravní potřeby a schopností jednotlivých zemí zabezpečit realizaci těchto vzrůstajících potřeb. Obava orgánů EU plyne i z možného zaostávání Evropy v hospodářském růstu vlivem nekvalitní dopravy.

2.1.2 Předpokládaný vývoj osobní dopravy v Evropské unii

Doprava je sektor s nejrychleji rostoucí spotřebou energií v celosvětovém měřítku. V zemích střední a východní Evropy byl v minulých letech sektor dopravy charakterizován limitovanou osobní mobilitou, rozsáhlým využíváním dotované veřejné dopravy a zastaralou infrastrukturou. Ekonomické reformy v 90. letech 20. století znamenaly velký nárůst vlastníků osobních automobilů a pokles výkonů ve veřejné dopravě.

Tabulka 2.1: Předpokládaný vývoj přepravních výkonů v osobní dopravě v EU do roku 2030.

	Přepravní výkon [mld. oskm]				
	1990	2000	2010	2020	2030
silniční doprava	4 097	4 786	5 529	6 321	7 031
veřejná	485	494	504	533	556
IAD	3 594	4 292	5 025	5 788	6 475
železniční doprava	408	402	415	479	538
letecká doprava	170	298	449	664	923
vnitrozemská plavba	29	34	40	47	54
celkem	4 685	5 520	6 433	7 511	8 546

zdroj: [20]

Jednou z priorit Evropské unie je podpora železniční dopravy. Modernizace železniční sítě, podporovaná Evropskou unií (příkladem je finanční podpora při výstavbě hlavních evropských koridorů), také napomůže růstu železniční dopravy.

V tabulce 2.1 je uveden předpokládaný přepravní výkon osobní dopravy do roku 2030 v absolutních hodnotách. V tabulce 2.2 je uvedeno předpokládané roční tempo růstu přepravního výkonu osobní dopravy do roku 2030. Přepravní výkon osobní železniční dopravy by měl růst průměrným tempem 1 % ročně, což představuje 538 mld. oskm v roce 2030 v porovnání se 402 mld. oskm v roce 2000.

Růstu železniční dopravy (přepravního výkonu, počtu přepravených osob) chce Evropská unie dosáhnout pomocí vzájemného propojení různých druhů dopravy, nabídkou inovačních dopravních služeb a vytvořením příznivých technických podmínek.

2.1.3 Cíle evropské dopravní politiky

Cílem evropské dopravní politiky je přesunout 5 % výkonů silniční dopravy na železnici, což si vyžádá 50% nárůst výkonů železniční dopravy. Prognózy vývoje dopravy do roku 2010

Tabulka 2.2: Předpokládané tempo růstu přepr. výkonů v osobní dopravě v EU do roku 2030.

	Roční tempo růstu [%]				
	1990/2000	2000/2010	2010/2020	2020/2030	2000/2030
silniční doprava	1,6	1,5	1,3	1,1	1,3
veřejná	0,2	0,2	0,6	0,4	0,4
IAD	1,8	1,6	1,4	1,1	1,4
železniční doprava	-0,1	0,3	1,5	1,2	1,0
letecká doprava	5,8	4,2	4,0	3,3	3,8
vnitrozemská plavba	1,6	1,8	1,5	1,5	1,6
celkem	1,7	1,5	1,6	1,3	1,5

zdroj: [20]

předpokládají nárůst výkonů o cca 50 % vůči roku 2000.

S rostoucími tlaky na internalizaci externích nákladů v dopravě a s požadavkem harmonizace podmínek na evropském dopravním trhu souvisí i snahy o zatraktivnění železniční dopravy a vodní dopravy včetně přesunu větších objemů nákladních přeprav na tyto dopravní obory.

2.1.4 Význam osobní železniční dopravy pro Evropskou unii

Evropská unie se v posledních letech snaží vytvořit společnou strategii pro evropský železniční výzkum orientovaný na vytvoření jednotného evropského železničního systému do roku 2020. V tomto dokumentu podepsaném Mezinárodní železniční unií (UIC), Společenstvím evropských železnic (CER), Mezinárodní unií veřejné dopravy (IUPT) a Unií evropských železničních podniků (UNIFE) se zainteresované strany z oblasti železničního sektoru dohodly na dosažení následujících cílů do roku 2020:

- Zvýšení tržního podílu železniční dopravy z 6 % na 10 % v oblasti osobní dopravy a z 8 % na 15 % v oblasti nákladní dopravy.
- Ztrojnásobení produktivity práce zaměstnanců na železnicích.
- Zvýšení energetické účinnosti o 50 %.
- Snížení emisí znečišťujících látek o 50 %.

2.2 Osobní železniční doprava v České republice

V České republice je základním strategickým dokumentem pro sektor dopravy Dopravní politika [15]. Tento dokument deklaruje co stát a jeho exekutiva v oblasti dopravy musí učinit na základě mezinárodních závazků, co chce učinit z pohledu společenských potřeb a může učinit s ohledem na finanční možnosti.

Cílem Dopravní politiky je sjednotit podmínky na dopravním trhu a vytvořit podmínky zajištění kvalitní dopravy v rámci udržitelného rozvoje.

Tabulka 2.3: Mezioborové srovnání přepravních výkonů osobní dopravy v ČR [mil. oskm].

	1995	2000	2002	2004	2006
Přepravní výkon celkem	91 837,9	101 410,6	103 535,8	107 739,9	109 805,2
Železniční doprava	8 005,0	7 299,6	6 596,8	6 590,0	6 921,9
Veř. autobusová doprava	11 763,2	9 351,3	9 667,5	8 516,2	9 501,1
Letecká doprava	3 033,0	5 864,7	6 895,0	8 814,6	10 233,1
Vnitrozemská vodní dopr.	11,9	7,7	16,6	21,8	12,8
Městská doprava	14 524,8	14 967,3	15 170,0	15 427,3	13 506,3
Veřejná doprava celkem	37 337,9	37 490,6	38 345,8	39 369,9	40 175,2
IAD	54 500,0	63 920,0	65 190,0	68 370,0	69 630,0

zdroj: [45]

2.2.1 Význam osobní železniční dopravy v České republice

V osobní dopravě se v České republice dělba přepravní práce mezi jednotlivými druhy dopravy, vzhledem k zachování možnosti udržitelného rozvoje v odvětví dopravy, vyvíjí nepříznivým směrem. Vývoj dělby mezi hromadnou a individuální osobní dopravou směřuje k ohrožení funkčnosti dopravního systému kongescemi na silnicích, k nepřiměřenému negativnímu působení dopravy na životní prostředí na jedné straně a k nedostatku tržeb a přílišné závislosti na dotacích ve veřejné dopravě na straně druhé. Příčinami tohoto vývoje jsou rostoucí dostupnost individuální dopravy a rychlejší zkvalitňování silniční infrastruktury ve srovnání s infrastrukturou železniční. Železniční dopravci na tento vývoj dosud nereagují nabídkou dostatečně kvalitních služeb.

Význam osobní železniční dopravy vyplývá z přepravních výkonů uskutečněných v uplynulém období, jejichž přehled je v tabulce 2.3.

2.2.2 Cíle dopravní politiky ČR v oboru osobní dopravy pro léta 2005–2013

Pokračující evropský integrační proces a vstup ČR do EU byl výrazným impulsem pro řadu změn současné tváře středoevropského prostoru. Integrační a transformační proces v zemích střední a východní Evropy značně zvyšuje atraktivitu tohoto území pro alokaci výrobních jednotek. Změny v alokaci výrobních jednotek jednoznačně vedou k růstu požadavků na zajištění mobility nejen zboží, ale také osob.

Za účelem zkvalitnění přepravní práce ve veřejné dopravě osob byla přijata řada navržených opatření. Mezi nejdůležitější opatření patří:

- Nastavit podmínky dopravní obslužnosti tak, aby kolejová doprava tvořila páteř dopravního systému.
- Poskytovat veřejnou podporu jen dopravcům, kteří jsou ekonomicky stabilní a schopni zajistit přepravní služby v požadované kvalitě a tyto služby garantovat.
- Zavádět moderní technologie v kolejové dopravě (např. kombinace lehkých kolejových systémů s klasickou železnicí).
- Rozvojem služeb v železniční dopravě přispět k řešení problému nárůstu letecké dopravy na kratší vzdálenosti.

2.2.3 Trendy v osobní železniční dopravě v ČR

Prognóza vývoje osobní dopravy byla zpracována Centrem dopravního výzkumu pro Ministerstvo dopravy a spojů ČR v březnu roku 2002 [51] (v této prognóze není uvedena městská hromadná doprava). Na základě existující vývojové řady předpokládá prognóza do roku 2015 nárůst celkového počtu přepravených osob z 2 676 mil. v roce 2006 na téměř 3 900 mil. osob (tedy nárůst o cca 45 %). Počet přepravených osob individuální dopravou by se měl oproti roku 2006 zvýšit o více než 40 %, nárůst cestujících veřejnou dopravou pak jen o 26 %. Tento vývoj není pro veřejnou osobní dopravu zvláště příznivý.

Tabulka 2.4: Předpokládaný přepravní výkon v os. dopravě v ČR pro období let 2010 a 2015 [mil. oskm].

	2010	2015
Přepravní výkon celkem	132 830	154 360
Železniční doprava	9 560	10 860
Autobusová doprava	11 240	11 520
Letecká doprava	13 030	15 590
Vnitrozemská vodní dopr.	20	20
IAD	85 950	100 780

zdroj: [51]

Záměrem státní dopravní politiky je proto udržet a dále zvyšovat kvalitu veřejné osobní dopravy a její síťový charakter, aby se zamezilo nadměrnému růstu dopravy individuální. Počítá se s dosažením vyšší kvality veřejné osobní dopravy v provozní provázanosti, s koordinací jednotlivých druhů veřejné osobní dopravy a s integrací individuální automobilové dopravy. U železniční osobní dopravy jsou postupně uváděny do provozu modernizované úseky železničních koridorů. Ty by měly přispět k částečnému zvyšování poptávky po železniční dopravě.

2.3 Osobní železniční doprava ve světě

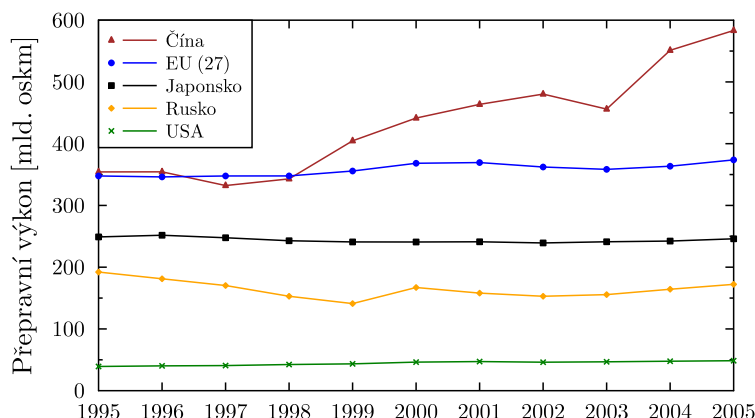
Cílem této kapitoly není detailně analyzovat trendy osobní železniční dopravy ve všech významných státech světa, ale pouze poukázat na vývoj přepravního výkonu v osobní železniční dopravě ve vybraných státech. Pro ilustraci vývoje byly vybrány státy Čína, Japonsko, USA a Rusko.

Na obrázku 2.2 je znázorněn vývoj trendu přepravního výkonu v osobní železniční dopravě v těchto vybraných státech od roku 1995 do roku 2005.

V osobní železniční dopravě v Číně byl zaznamenán od roku 1998 do roku 2000 značný nárůst přepravního výkonu, od roku 2003 do roku 2005 přepravní výkony v Číně strmě rostou. Naopak v Rusku lze do roku 1999 pozorovat klesající charakter přepravního výkonu. S všeobecným nárůstem osobní dopravy trendy v Japonsku, Rusku, USA a částečně i v EU poukazují na ztrátu podílu přepravního výkonu železniční dopravy ve srovnání s ostatními druhy dopravy.

Absolutní přepravní výkony osobní železniční dopravy v Evropské unii jsou několikanásobně vyšší než stejný ukazatel ve Spojených státech amerických a zároveň jsou přepravní výkony Evropské unie mezi výkony Japonska a Číny. Z obrázku je patrné, že z hlediska přepravního výkonu na železnici jsou v celosvětovém měřítku dominantní Čína a Evropská unie.

Vývoj přepravních výkonů v os. žel. dopravě ve vybraných státech světa



Obrázek 2.2: Vývoj přepr. výkonů v os. žel. dopravě ve vybraných státech světa. Zdroj: [19], [57].

Toto stručné porovnání je provedeno pouze na základě přepravních výkonů, přičemž není zohledněna délka železniční sítě, hustota železniční sítě i počet obyvatel jednotlivých států. Zohlednění těchto aspektů by již bylo nad rámec této práce.

2.4 Osobní železniční stanice a jejich význam v železniční dopravě

Osobní železniční stanice představuje z hlediska celého systému osobní železniční dopravy pouze jeden z mnoha prvků, které tento systém vytváří.

Motivací této práce je věnovat pozornost osobním železničním stanicím jakožto důležitým bodům v rámci systému osobní železniční dopravy a pokusit se přispět k řešení jeho vybraných problémů (řešení problémů osobních stanic potenciálně přispěje ke zlepšení celého systému osobní železniční dopravy). Provozu v osobních stanicích a odstavných nádražích je dlouhodobě věnována pozornost, neboť představují důležitá místa na síti. Provozem v osobních stanicích se zabývají například publikace [24], [30] a [43].

Samostatné osobní stanice se zřizují ve velkých železničních uzlech za účelem oddělení osobní dopravy od dopravy nákladní. Práce osobních železničních stanic lze rozdělit na přepravní procesy (odbavování cestujících) a dopravní procesy (zajišťování vlastního železničního provozu osobních nádraží).

Odbavování cestujících spočívá v prodeji jízdenek, v zajištění bezpečného, pohodlného a rychlého nastupování a vystupování cestujících, v zajištění prostorů pro čekání cestujících a občerstvení cestujících, v příjmu, úschově, naložení, vyložení a ve výdeji zavazadel. Dalším požadavkem je také zajištění dobrého spojení nádraží s městskými komunikacemi a s dopravními prostředky ostatních druhů dopravy.

Zajišťování vlastního železničního provozu osobních nádraží závisí na druzích osobních vlaků v nich zpracovávaných. U *tranzitních vlaků* spočívají práce v příjmu a vypravení vlaku, může u nich dojít k technické prohlídce, k výměně lokomotivy, k výměně vlakové čety, k odstavění vozů nebo doplnění soupravy vozy. U *končících vlaků* spočívají práce v příjmu vlaku a v jeho přestavení z nástupištní koleje na odstavné koleje vlakovou lokomotivou, popř. v odstupu

vlakové lokomotivy hned z nástupištní koleje a v přestavení soupravy na odstavné nádraží posunovací lokomotivou. U *výchozích vlaků* představují tyto práce přestavení soupravy vlaku z odstavných kolejí nebo z odstavného nádraží na nástupištní kolej vlakovou lokomotivou, popř. posunovací lokomotivou, a nástup vlakové lokomotivy na soupravu a vypravení vlaku.

Vzhledem k uvedeným pracím musí být osobní nádraží vybavena kolejemi s nástupištními hranami, čekacími a odstavnými, manipulačními a výtažnými kolejemi a kolejemi pro odstavování lokomotiv.

Podle vzájemné polohy kolejiště a výpravní budovy lze osobní stanice třídit na [65]:

- Koncové (čelní, hlavové), které mají nástupištní koleje ukončené tupě. Průjezdy vlaků jsou možné jedině změnou směru jízdy – úvratí.
- Průjezdné, které mají průjezdné nástupištní koleje. Průjezdy vlaků jsou možné beze změny směru jízdy.
- Smíšené, které jsou kombinací obou typů. U nich jsou nástupištní koleje pro končící a výchozí vlaky všech nebo jen některých tratí ukončeny tupě, zatímco koleje pro tranzitní vlaky jsou průjezdné.

Součástí velkých osobních stanic jsou odstavná nádraží (ON). Jejich cílem je péče o vozový park osobní železniční dopravy. Odstavné nádraží je tvořeno kolejovými skupinami, ve kterých probíhají jednotlivé operace s osobními vozy. Stejně operace mohou být navíc prováděny v různých skupinách podle charakteru vozového parku (dálkové vozy, příměstské jednotky apod.).

Odstavná nádraží mohou mít dva způsoby uspořádání [65]:

- Úvraťové (paralelní) – kolejové skupiny jsou uspořádány vedle sebe (při přesunu vozidel mezi kolejemi, případně kolejovými skupinami jsou nezbytné výtažné koleje).
- Průběžné (smyčkové) – kolejové skupiny odstavného nádraží jsou uspořádány za sebou s tím, že místo vjezdu do, resp. výjezdu z ON je prakticky z dopravního hlediska ve stejném místě.

Smyčkové uspořádání je výhodnější než úvraťové, protože zde odpadá nutnost složitějšího posunu se soupravami vozů s využitím výtažných kolejí. Základní rozdíl při vnějším pohledu na ON je v tom, že při úvraťovém uspořádání je vůz, který byl při vjezdu do ON na začátku vlaku je na výjezdu z ON na konci vlaku. U smyčkového uspořádání dochází k tomu, že vůz, který byl za lokomotivou při vjezdu do ON je opět za lokomotivou při odjezdu z ON.

3 Provozní problémy osobních železničních stanic

Cílem této práce je poskytnout řešení vybraných provozních problémů osobních železničních stanic, přičemž železniční stanice patří do velké třídy systémů, které se označují jako obslužné systémy anebo systémy hromadné obsluhy.

Specifické provozní problémy osobních železničních stanic lze v zásadě rozdělit na dva okruhy:

- Přepravní problémy osobních železničních stanic – prodej jízdenek, nástup a výstup cestujících, zajištění prostorů pro čekání cestujících, úkony související s přepravou zavazadel apod.
- Dopravní problémy osobních železničních stanic – plánování a řízení provozu vlaků, souprav vozidel a posunujících dílů.

Tato práce se primárně zaměřuje na dopravní problémy osobních železničních stanic, přičemž tento typ problémů úzce souvisí s plánováním a řízením provozu. Z tohoto důvodu bude nyní věnována pozornost právě problematice plánování a řízení provozu v osobních železničních stanicích. V další části jsou uvedeny základní pojmy, které s touto problematikou úzce souvisí [39].

3.1 Plánování provozu v osobních železničních stanicích

Plán je posloupnost aktivit (i paralelně vykonávaných), které vedou k dosažení cíle. Plán musí respektovat příslušná technologická pravidla i časová omezení (např. technologické postupy obsluhy, délku pracovních směn obslužných zdrojů, nejzazší čas dosažení cíle apod.).

Řízení podle plánu představuje strategii, kdy řídicí prvek předpovídá (předpokládá) posloupnost výskytu konkrétních problémů v konkrétních časových okamžicích v rámci nějaké plánovací periody a ještě před zahájením periody předepíše reakce (rozhodnutí) na každý takový problém (například připraví pevný rozvrh přidělování obslužných zdrojů).

Přestože není tvorba plánů jednoduchá, v případě deterministického systému je zvládnutelná. Jestliže zkoumaný systém zasáhne výskyt náhodných událostí, není triviální výskyt takových událostí v relevantních plánech ošetřit. V případě železničního uzlu jsou dominantní dvě náhodné složky: časy příjezdů zákazníků (vlaků) do systému a trvání jistých obslužných aktivit. Otázkou je, jestli je vůbec možné řídit podle plánu při připuštění výskytu náhodných jevů. Základní odpověď je, že je to možné (a praxe to potvrzuje), za podmínky že se nám podaří v přijatelné míře vyřešit problémy s tím spojené. Avšak čím více náhodností se v systému nachází, tím více je pravděpodobné, že lepším řešením bude uplatnění operativního řízení.

V provozu železničního uzlu není možné vyloučit náhodné vlivy. I přesto jsou tam, kde je možné dosáhnout dostatečně velkou míru determinovanosti, vytvářeny plány a řízení probíhá podle takových plánů. Když se při provozu vyskytne náhodný jev, se kterým plán nepočítá, musí se vyřešit operativně. Jakmile dojde k přechodu na operativní řízení, musí být přijata taková opatření, aby bylo možné se co nejdříve vrátit zpět k plánu.

Rozvrh je předpis na přiřazení konkrétních obslužných zdrojů jednotlivým žadatelům (obslužným operacím, činnostem, úkonům). Uvedený pohled na plánování a rozvrhování zdůrazňuje autonomnost a protikladnost těchto dvou činností. Při takovém pohledu je snahou plánovače včasné dosažení cíle bez ohledu na spotřebu zdrojů a snahou tvůrce rozvrhu je minimalizovat spotřebu zdrojů bez ohledu na časové trvání projektu.

Při vytváření provozních plánů takových komplexních obslužných systémů, jakými jsou železniční uzly, je vhodnější tzv. „kombinovaný“ přístup, při kterém tvůrce rozvrhu a plánu považujeme za spolupracující subjekty (komponenty). Tento přístup zohledňuje i skutečnost, že někdy části rozvrhu mají charakter plánu. Například při rozvrhování se může nástup lokomotivy (jako zdroje) skládat z posloupnosti aktivit (nástup posádky, doplňování pohonných hmot apod.). Z uvedeného vyplývá vhodnost používat na zápis plánu a rozvrhu stejné (např. i grafické) prostředky.

Z hlediska doby, na kterou je plán vytvářen lze rozlišit dva druhy plánů:

- Strategické plánování.
- Taktické plánování.

3.1.1 Strategické plánování

Strategické plánování je typické tím, že řeší otázky dlouhodobého charakteru. V dopravě je strategické plánování velmi často spojeno s návrhem a posouzením infrastruktury, plánováním dimenze a struktury vozového parku, případně s plánováním financí.

3.1.2 Taktické plánování

Taktické plánování je spojeno s řešením otázek střednědobého charakteru. V železniční dopravě je tento typ plánování spojen s konstrukcí grafikonu vlakové dopravy a s tím souvisejících pomůcek. Do taktického plánování je možné v oblasti železniční dopravy rovněž zahrnout plánování výluk.

3.1.3 Operativní řízení

Operativní řízení je charakteristické tím, že řídicí prvek reaguje rozhodnutím až tehdy, když problém rozpoznal. Problém ale rozpozná až tehdy, když už nastal anebo s relativně krátkým časovým odstupem před jeho výskytem (tato skutečnost se označuje jako tzv. reaktivním přístupem).

Výhodou operativního řízení oproti řízení podle plánu je skutečnost, že dovoluje bezprostředně reagovat na vzniklé problémy.

Silnou stránkou řízení podle plánu je však to, že zaručuje pravidelnost, cykličnost a opakovatelnost, není tak náročné na řídicí prvek, na informační toky apod. Proto je cílem managementu provozu železničních uzlů co největší podíl řízení podle plánu.

3.2 Osobní železniční stanice jako systém hromadné obsluhy

Jak již bylo uvedeno, železniční stanice patří do velké třídy systémů, které se označují jako obslužné systémy anebo systémy hromadné obsluhy a do této třídy systémů patří i osobní železniční stanice. Z hlediska teorie hromadné obsluhy představuje osobní stanice komplexní systém, kde figurují linky obsluhy a zákazníci systému.

Systém hromadné obsluhy přijímá od zákazníků objednávky a vykonává obslužné činnosti spojené s objednávkami prostřednictvím množiny obslužných zdrojů, které se nazývají linky

obsluhy. Některé obslužné činnosti se mohou a obvykle se i vykonávají paralelně, některé činnosti je naopak možné vykonat teprve po ukončení předchozích činností. Obsluha má obvykle hierarchickou strukturu, protože vykonání obslužné činnosti může vyvolat objednávky dalších podřízených služeb [39]. Systémy hromadné obsluhy jsou např. banky, továrny, nemocnice, opravny, železniční uzly apod.

V minulosti byla v této oblasti výzkumu věnována pozornost zejména seřadovacím stanicím, mezi významné práce z této oblasti patří například publikace [61], [34]. Osobní železniční stanici si tedy lze představit jako systém hromadné obsluhy a v rámci tohoto systému je možné vymezit tyto základní prvky systému:

- *Zákazníci systému* (objekty obsluhy) – objekty vyžadující obsluhu (z hlediska dopravy se jedná o vlaky, posunující díly, hnací vozidla).
- *Linky obsluhy* (obslužný systém) – objekty realizující obsluhu (z hlediska dopravy se jedná o koleje, pracovníky, lokomotivy apod.). Samotný proces obsluhy není obvykle jednoduchý, tvoří jej většinou nějaká množina činností, které jsou ve vzájemné interakci. Pokud nějaký objekt obsluhy potřebuje pro svoji obsluhu stejnou linku jako právě obsluhovaný jiný objekt obsluhy, vede to ke vzniku konfliktů. Konflikty jsou dané zejména strukturou systému, typem a počtem probíhajících procesů. V osobních stanicích lze linky obsluhy dále dělit na následující podsystémy:
 - *Pevný podsystém* – koleje, výhybky.
 - *Pohyblivý podsystém* – pracovní čety (posunovači, vozmistři apod.), posunovací lokomotivy.
 - *Řídící podsystém* – řídicí pracovníci, zabezpečovací zařízení.

Vzhledem k náhodnosti a komplexnosti některých systémů hromadné obsluhy (do této skupiny patří rovněž osobní železniční stanice) je použití exaktních matematických metod pro potřeby plánování a řízení provozních procesů značně omezené. Klasické metody projektování používají velmi zjednodušený model provozu bez uvažování náhodnosti a bez možnosti podrobného zkoumání vzájemně závislých dynamických technologických procesů. Výsledkem je často řešení, které se po realizaci a konfrontaci se skutečným provozem může ukázat jako nevhodné.

Jako velmi dobrá alternativa při zkoumání železniční stanice, jakožto komplexního systému, se nabízí metoda simulace. Při použití této metody nelze automaticky očekávat optimální řešení, nicméně lze s využitím této techniky získat velmi dobré suboptimální řešení při respektování komplexnosti infrastruktury a provozu. Bližší pojednání o metodě simulace a simulačních technikách je v kapitole 4.

3.3 Vymezení systému osobní železniční stanice

V předchozí kapitole bylo uvedeno, že si lze osobní železniční stanici představit jako systém hromadné obsluhy. V této kapitole bude věnována pozornost jednotlivým prvkům osobní stanice.

Velké osobní železniční stanice typicky disponují větším počtem nástupišť, odstavným kolejíšťem pro soupravy vozů, kolejemi pro odstavení vlakových hnacích vozidel, kolejemi pro odstavení posunovacích hnacích vozidel, pracovišti pro zaměstnance zabezpečující transformační procesy na vlcích, pracovišti pro řízení provozu, prostory pro zabezpečení přepravního

provozu (vestibuly pro cestující, pokladny, úschovny zavazadel, případně další prostory pro zabezpečení dalších služeb pro cestující).

Práce osobních železničních stanic lze rozdělit na:

- *Odbavování cestujících*, které spočívá v prodeji jízdenek, v zajištění bezpečného, pohodlného a rychlého nastupování a vystupování cestujících, v zajištění prostorů pro čekání cestujících a občerstvení cestujících, v příjmu, úschově, naložení, vyložení a ve výdeji zavazadel. Dalším požadavkem je také zajištění dobrého spojení nádraží s městskými komunikacemi a s dopravními prostředky ostatních druhů dopravy.
- *Zajišťování vlastního železničního provozu osobních nádraží* závisí na druzích osobních vlaků v nich zpracovávaných. Základními druhy vlaků v závislosti na vykonávaných technologiích jsou:
 - *Tranzitní vlaky*, kde práce spočívají v příjmu a vypravení vlaku, může u nich dojít k technické prohlídce, k výměně lokomotivy, k výměně vlakové čety, k odstavení vozů nebo doplnění soupravy vozy.
 - *Končící vlaky*, kde práce spočívají v příjmu vlaku a v jeho přestavení z nástupištní koleje na odstavné koleje vlakovou lokomotivou, popř. v odstupu vlakové lokomotivy hned z nástupištní koleje a v přestavení soupravy do odstavného nádraží posunovací lokomotivou.
 - *Výchozí vlaky*, kde práce spočívají v přestavení soupravy vlaku z odstavných kolejí nebo z odstavného nádraží na nástupištní kolej vlakovou lokomotivou, popř. posunovací lokomotivou a, pokud je to nutné, nástup vlakové lokomotivy na soupravu a vypravení vlaku.

Vzhledem k uvedeným pracím musí být osobní nádraží vybavena kolejemi s nástupištními hranami, čekacími a odstavnými, manipulačními a výtažnými kolejemi a kolejemi pro odstavování lokomotiv.

Základní kategorizace osobních stanic je uvedena v kapitole 2.4. V dalším textu budou uvedeny jednotlivé typy osobních stanic detailněji i s uvedením jejich specifik a ilustračních obrázků.

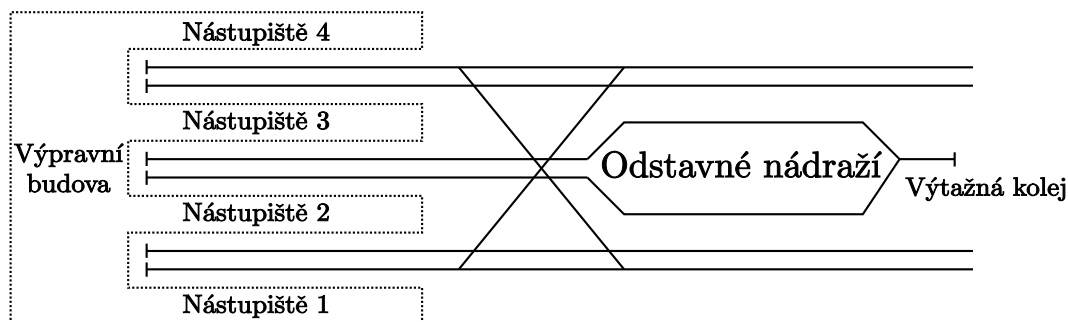
3.3.1 Koncová osobní nádraží

Koncová osobní nádraží jsou velmi výhodná pro cestující. Obvykle bývají umístěna blízko centra města, jejich kolejiště a výpravní budova leží v úrovni okolních ulic, což má pro cestující tu výhodu, že nemusí překonávat výškové rozdíly. Rovněž pro přístup na jednotlivá nástupiště cestující nemusí využívat podchodů (nadchodů).

Z hlediska železničního provozu jsou koncová osobní nádraží výhodná jen při menším počtu zaústěných tratí a nástupištních kolejí. Velká koncová osobní nádraží musí mít oproti nádražím průjezdným až dvojnásobný počet nástupištních kolejí při stejném počtu vlaků, což je značná nevýhoda. Tuto nevýhodu lze eliminovat nasazením ucelených jednotek s řídicím vozem a výrazně tak redukovat počet transformačních procesů s vlaky ve stanici. U klasických souprav s hnacím vozidlem je další nevýhodou blokace lokomotivy, která nemůže z vlaku odstoupit dokud nevystoupí cestující a souprava neopustí prostor nástupiště. Vjezdy vlaků a přistavování souprav k nástupištím musí být pomalé, výměny lokomotiv trvají poměrně dlouhou dobu a blokují jediné zhlaví ve stanici. Z této skutečnosti vychází fakt, že zhlaví koncových nádraží jsou až dvojnásobně zatížena oproti zhlavím průjezdných nádraží,

počet křížení jízdních cest vlaků a posunovacích jízd na nich je značný a vyžaduje dokonalé zabezpečovací zařízení.

Příklad schématického znázornění infrastruktury koncového osobního nádraží i s odstavným nádražím je uveden na obrázku 3.1. Koncová osobní nádraží používá většina světových měst pro jejich výhody, které již byly uvedeny. Jako příklady velkých koncových osobních stanic ve světě mohou posloužit nádraží Paris Gare du Nord, Roma-Termini, London Waterloo, Frankfurt Hbf nebo München Hbf. V České republice je největší osobní stanicí tohoto typu žst. Praha Masarykovo nádraží.



Obrázek 3.1: Ilustrační schéma infrastruktury koncového osobního nádraží

3.3.2 Průjezdná osobní nádraží

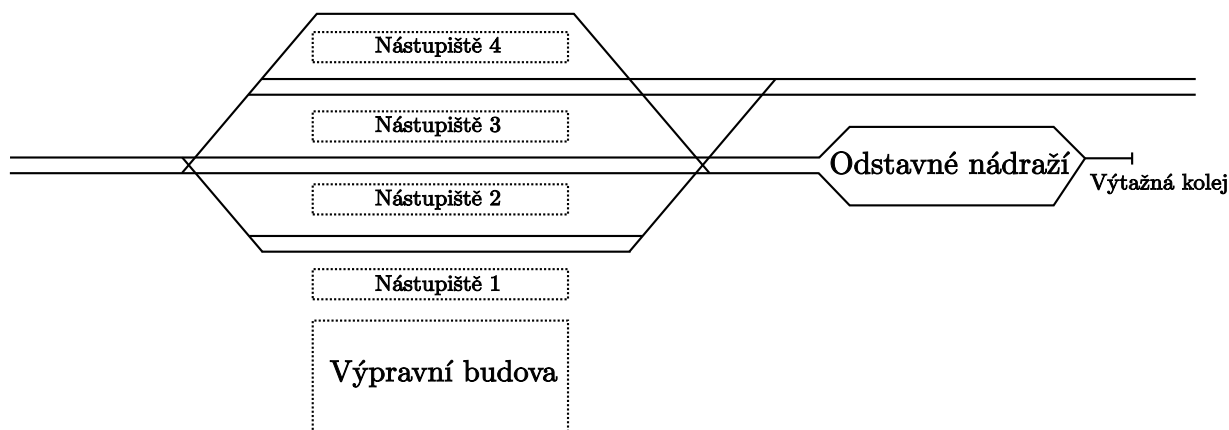
Průjezdná osobní nádraží jsou výhodná pro železniční provoz zejména tehdy, mohou-li jimi projíždět všechny vlaky. Z pohledu cestujících nejsou průjezdná nádraží tak výhodná jako koncová nádraží, protože obvykle nejsou umístěna v bezprostřední blízkosti centra města a také z důvodu nutnosti překonání výškových rozdílů mezi podchody (nadchody) a výpravní budovou na straně jedné a nástupišti na straně druhé. Z pohledu cestujících lze uvést výhodu spočívající v odstranění poměrně velkých vzdáleností chůze mezi koncem nástupišť a výpravní budovou jako tomu je koncových osobních stanic.

U některých osobních průjezdných stanic je kolejiště sice řešeno jako průjezdné nádraží, provozně se však spíše jedná o dvě nádraží koncová. Tento případ je typický pro velká města, kde většina vlaků končí a začíná.

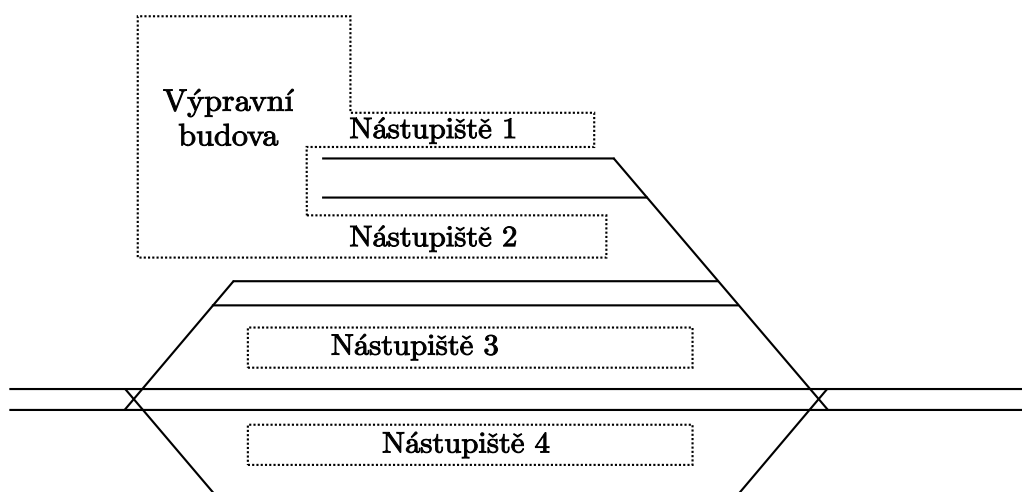
Ukázka infrastruktury průjezdného osobního nádraží i s odstavným nádražím je uveden na obrázku 3.2. Jako příklady velkých průjezdných osobních stanic ve světě mohou posloužit nádraží Berlin Hbf, Hamburg Hbf nebo Bern. V České republice mezi největší osobní stanicí tohoto typu patří žst. Ostrava hlavní nádraží.

3.3.3 Smíšená osobní nádraží

Smíšená osobní nádraží jsou kombinací předchozích dvou typů a budují se ve městech s velkým počtem tranzitních, končících a výchozích vlaků. Příkladem velké stanice tohoto typu ve světě může být stanice Zürich HB, Madrid Chamartin nebo Basel SBB. V České republice je největší osobní stanicí tohoto typu žst. Praha hlavní nádraží.



Obrázek 3.2: Ilustrační schéma průjezdného osobního nádraží



Obrázek 3.3: Ilustrační schéma smíšeného osobního nádraží

3.4 Problémy při plánování a řízení provozních procesů v osobních železničních stanicích

Specifické problémy osobních stanic, které se vyskytují při plánování a řízení provozu osobních stanic, lze dle jejich specifik rozdělit na tyto dvě základní skupiny a další podskupiny:

- Kapacitní problémy stanic.
 - Projektování infrastruktury, přičemž je možné posuzovat výstavbu nové stanice již ve fázi projektování. Dále je možné zkoumat změny infrastruktury v rámci přestavby stanice a nebo je možné zkoumat menší změny infrastruktury, které ale mohou znamenat značný zásah do provozu ve stanici. Například je možné posoudit dostavbu kolejové spojky, dobudování nového nástupiště, úspory plynoucí z odstranění nevyužitých výhybek apod. Z této oblasti je možné uvést např. práci [10], kde se autor zabývá vyhodnocením výstavby nového nástupiště v žst. Plzeň hlavní nádraží.
 - Prověření provozu stanice před očekávanou změnou grafikonu vlakové dopravy (ověření počtu nástupišť a propustnosti zhlaví pro daný GVD apod.).

- Posouzení dopadu výluky na traťovou (vstupní nebo výstupní) kolej do/ze stanice, případně výluky nástupištních kolejí.
- Ověření dopadu změny lokálních obslužných technologií na provoz ve stanici nebo je možné posoudit změnu počtu obslužných zdrojů (zaměstnanců, posunovacích lokomotiv apod.) ve stanici.
- Problémy vyskytující se při operativním řízení provozu osobních železničních stanic – rozhodování při výskytu náhodných vlivů.
 - Rozhodování o čekání daného vlaku na přípojný vlak při zpoždění přijíždějícího vlaku.
 - Rozhodování o přidělení náhradní nástupištní koleje při vzniku zpoždění vlaků nebo v případě výluky určité nástupištní koleje.
 - Problém operativního přidělení náhradních zdrojů, které jsou nezbytné pro vykonání obslužných procesů (např. hnacích vozidel při výskytu odchylek od plánu oběhu hnacích vozidel, zaměstnanců při vzniku odchylek od plánu obsluh objektů obsluhy apod.).

Z uvedeného přehledu je zřejmé, že typů řešených úloh je celá řada, přičemž řešení různých problémů je v různé fázi rozpracovanosti.

4 Simulace

Pro uvedení definice modelování a simulace je nutné definovat význam některých výchozích termínů jako systém, model i termínů pomocných. Uvedené definice a pojmy vychází z publikace [42].

4.1 Metodika

V simulaci a modelování se studuje nějaká věc, resp. možné varianty nějakého objektu (obvykle) hmotného světa, a to buď objektu, který existuje, nebo o který by existovat mohl. Vzhledem k nemožnosti zvládnout zkoumaný objekt v celé jeho komplexnosti se zavádějí abstrakce, které zanedbávají některé jeho aspekty. Zanedbané aspekty jsou vybrány tak, že aspekty, které zůstávají, jsou daným vědeckým, technickým či společenským oborem zvládnutelné. Takovou abstrakci, vymezenou na objektu zkoumání, v modelování a simulaci se nazývají *systém*. Alternativně lze tedy říci, že na objektu zkoumání je vymezen systém.

Abstrakce může nebo nemusí zanedbat význam času. Systém, v němž se od významu času abstrahuje, se nazývá *statickým systémem*. Pokud se od významu času neabstrahuje, pak je v oblasti modelování a simulace nazýván *dynamickým systémem*. Simulace se jinými než dynamickými systémy nezabývá.

Množina okamžiků, v nichž dynamický systém existuje, se nazývá (*časovou*) *existencí* tohoto *systému*. Dynamický systém je v každém okamžiku své existence v jistém stavu.

V modelování a simulaci je systém strukturován z *prvků*. V dynamickém systému se může počet jeho prvků během jeho existence měnit, v technických a ekonomických aplikacích jde nejčastěji o to, že prvky mohou do systému vstupovat a systém opouštět. Takové prvky se označují jako prvky *temporární*.

Prvky, které jsou v dynamickém systému během celé jeho existence, se nazývají *permanentsními prvky*. Prvky systému mají své vlastnosti, které se nazývají *atributy*.

Stav dynamického systému v čase t je dán *prvky*, které jsou v čase t v tomto systému přítomny, hodnotami jejich atributů v tomto čase a relacemi mezi těmito jeho prvky.

4.1.1 Model

V modelování a simulaci je termín *model* použit pro analogii mezi dvěma systémy.

Vztah obou systémů – *modelovaného* a *modelujícího* je dán tím, že každému prvku P modelovaného systému je přiřazen prvek Q modelujícího systému, každému atributu g prvku P je přiřazen atribut h prvku Q a pro hodnoty atributu g a h je dána nějaká relace. Její charakter není nějak obecně omezen, ale v případě, že g i h jsou aritmetické atributy, bývá taková relace např. úměrnost.

Jsou-li modelovaný i modelující systém statické, daný model se označuje jako *statický model*. V simulaci se však uplatní jen tzv. *simulační modely*, totiž modely, které splňují následující požadavky:

1. Jejich modelující i modelované systémy jsou dynamické systémy.
2. Existuje zobrazení τ existence modelovaného systému do existence modelujícího systému; je-li tedy t_1 okamžik, v němž existuje modelovaný systém M_1 , je mu přiřazen okamžik $\tau(t_1) = t_2$, v němž existuje modelující systém M_2 , a tak je zobrazením τ přiřazen i stavu $S_1(t_1) = \sigma_1$ systému M_1 stav $S_2(t_2) = \sigma_2$ systému M_2 .

3. Mezi stavy σ_1 a σ_2 jsou splněny požadavky na vztahy mezi příslušnými prvky a jejich atributy, jak je uvedeno výše pro modely obecně.
4. Zobrazení τ je neklesající. Pokud nastane stav s modelovaného systému před stavem s^* téhož systému, pak stav \bar{s} (který v modelujícím systému odráží stav s) nastane před stavem \bar{s}^* (který odráží stav s^*), nebo mohou oba stavy nastat v modelujícím systému současně (totiž v případě, že modelující systém není na takové úrovni rozlišení, aby dokázal zobrazit všechny detaily v modelovaném systému), nikdy však nemůže být časové pořadí stavů v modelovaném systému a jim odpovídajících stavů v modelujícím systému přehozeno.

Požadavek 4 ukládá tomu, kdo konstruuje modelující systém, aby při tom dodržoval vztahy *kauzality* v modelovaném systému.

Model je tedy složitá struktura, která váže dva systémy, jejich prvky a jejich atributy, a v případě simulačních modelů i existence obou systémů. V běžné mluvě se však ustálila praxe, která není zcela výstižná a přesná, že pod slovem *model* se rozumí modelující systém.

Synonymem termínu modelovaný systém je termín *originál*.

V případě, že jde o simulační model, jedná se o systém *simulovaný* a *simulující*. Alternativně k termínu simulující systém se v praxi často používá termín *simulační model* nebo také *simulátor*.

4.1.2 Modelování

Podstatou modelování ve smyslu výzkumné techniky je náhrada zkoumaného systému jeho modelem, přesněji systémem, který jej modeluje. Cílem modelování je získat pomocí pokusů s modelem informaci o původním zkoumaném systému (vymezeném na objektu zkoumání).

V tomto smyslu tedy platí, že je vytvořen model, v němž modelovaným systémem je zkoumaný systém, ale experimentováno bude s modelujícím systémem, přičemž cílem je dozvědět se něco o modelovaném systému.

4.1.3 Simulace

Simulace je chápána jako modelování ve smyslu výzkumné techniky, přičemž použitý model je simulační. *Simulace je výzkumná technika, jejíž podstatou je náhrada zkoumaného dynamického systému jeho simulátorem s tím, že se simulátorem se experimentuje s cílem získat informace o původním zkoumaném dynamickém systému.*

Simulace tedy představuje experimentální metodu podporující analýzu, návrh a optimalizaci reálných systémů v následujících 4 krocích:

1. Vymezení systému na objektu zkoumání.
2. Nahrazení zkoumaného systému jeho simulačním modelem.
3. Experimentování se simulačním modelem za účelem zjištění jeho vlastností, chování a reakcí na zvolené podmínky.
4. Aplikaci získaných výsledků na objekt zkoumání.

Aby bylo možné simulační model považovat za dostatečně věrný obraz skutečnosti, musí mít tento model určitou míru přesnosti. Pouze za splnění tohoto požadavku (tj. po úspěšném provedení tzv. *validace* simulačního modelu) lze námi vytvořený model považovat za *hodnověrný (kredibilní)* a dostatečně kvalitní.

S přihlédnutím ke zkoumané problematice a očekávaným výsledkům simulace je rovněž velmi důležitým prvkem výběr vhodného simulačního nástroje.

4.2 Počítačová simulace

V minulosti byly simulátory realizovány na speciálních zařízeních a podle nich dostávala příslušná simulace přívlastek: elektrotechnická, hydrodynamická apod. Dnes vytlačila všechny tyto druhy simulace *číslicová*, při níž je simulátor realizován na číslicovém počítači.

Nějaké přesnější vyjádření charakteru simulace podle výše zmíněných pravidel pro její přívlastek se dnes nepoužívá. Když je však jasné, že jde o simulaci číslicovou, spojuje se možnost vyjádřit přívlastkem charakter simulovaného systému. Pokud je *systém spojitý* (hodnoty jeho atributů se mění v čase jen spojitě), mluví se o *spojité simulaci*. Jestliže je simulovaný *systém diskrétní* (nenastávají v něm spojitě změny v čase), mluví se o *diskrétní simulaci*. Je-li simulovaný *systém kombinovaný* (má-li jak vlastnosti typické pro spojité systémy tak vlastnosti typické pro diskrétní systémy), mluví se o *kombinované diskrétně-spojité simulaci* nebo častěji prostě o *kombinované simulaci*.

4.3 Zkoumání systémů hromadné obsluhy s podporou simulace

Jak již bylo uvedeno v kapitole 3.2, je použití exaktních matematických metod u komplexních systémů hromadné obsluhy značně omezené. I v případě pracného vytvoření matematického modelu systému hromadné obsluhy (např. s využitím aparátu teorie hromadné obsluhy) přetrvává problém s modifikací parametrů takto vytvořeného matematického modelu. Změna parametrů totiž vynucuje kompletní přepracování vytvořeného matematického modelu. Experimentování s matematickým modelem tedy není vůbec snadnou záležitostí.

V současné době se tedy k účelu zkoumání a optimalizace komplexních systémů hromadné obsluhy používá téměř vždy metoda simulace. Výhodou tohoto přístupu je jednak možnost postihnout komplexnost dynamických systémů a dále také poměrně snadná modifikace parametrů zkoumaných systémů. Tyto výhody činí z metody simulace velmi užitečný nástroj.

4.4 Zkoumání osobních železničních stanic na odlišných rozlišovacích úrovních

V kapitole 3 byl uveden hlavní rozdíl mezi strategickým a taktickým plánováním v osobních železničních stanicích, tedy že jde především o časové období, kterého se plánování týká.

V souvislosti s typem plánování a následného prověření zkoumaných plánů je potřebné si určit potřebnou rozlišovací úroveň simulačního modelu (tj. uplatněnou míru abstrakce). Na jednotlivé typy plánování jsou kladeny různé požadavky v závislosti na charakteru simulačního projektu a očekávaných výsledcích. Určení správné rozlišovací úrovně není vždy

Tabulka 4.1: Míra rozlišení uplatňovaná v rámci různých typů simulátorů žel. stanic

	makroskopický model	mikroskopický model	mezoskopický model
Pevný podsystém	+	+++	+
Pohyblivý podsystém	+	+++	+++
Řídicí podsystém	+	+++	++

jednoduchou záležitostí a rozhodnutí je přijímáno vždy individuálně, podle typu řešeného problému. Pro potřeby plánování osobních stanic lze relevantní simulátory členit do tří kategorií dle uplatněné rozlišovací úrovně:

- makroskopický simulátor,
- mikroskopický simulátor,
- mezoskopický simulátor.

V tabulce 4.1 je uvedena uplatněná rozlišovací úroveň na jednotlivé podsystémy při vytváření simulačních modelů rozdílných charakterů. Míra rozlišení je klasifikována stupnicí od jednoho „+“ (nejnižší rozlišení) až po tři „+++“ (vysoké rozlišení). V dalších částech práce jsou uvedena specifika jednotlivých úrovní simulačních modelů.

Navzdory tomu, že je problematika přepravních procesů důležitá, nebude se tato práce těmito procesy (pohyb cestujících v prostorách žel. stanice, proudy cestujících přestupujících mezi vlaky, nákup cestovních dokladů apod.) primárně zabývat. Důvodem je zaměření práce na dopravní procesy (plánování a organizace železniční dopravy), což jsou do jisté míry činnosti nezávislé na přepravních procesech. V některých případech je ale nutné přepravní procesy do simulačního modelu zahrnout a v takových případech bude na tuto skutečnost poukázáno.

Dále je uveden přehled problémů, se kterými se lze při strategickém a taktickém plánování v osobních železničních stanicích setkat.

4.4.1 Zkoumání stanice na makroskopické úrovni

Při zkoumání stanice na makroskopické úrovni tvůrce modelu zahrne do simulátoru údaje o jednotlivých podsystémech osobní stanice jen rámcově. Pokud lze některé z těchto údajů považovat za nepodstatné vzhledem k poslání simulačního modelu, je možné tyto i vynechat.

Na této rozlišovací úrovni je možné se zabývat zejména plánováním kapacity stanice, části sítě (kapacita je ve většině případů projektována na delší časové období) nebo pro ověření plánovaného GVD v rámci dopravní sítě. Z tohoto důvodu nejsou obvykle v makromodelu obsaženy detailní údaje o pevném podsystému (kolejiště a dalších prvků infrastruktury), pohyblivém podsystému ani řídicím podsystému. Pevný podsystém může být reprezentován jistými makroprvky (oddíly, buňkami). Pro všechny buňky jsou uchovávány údaje o jejich stavu (např. počtu vlaků v každé buňce apod.) v každém kroku simulace.

Data potřebná pro tento typ modelů jsou poměrně snadno získatelná, což je velkou výhodou. Na úrovni osobní železniční stanice si lze pod použitými daty představit například informace o počtu vlaků vstupujících do stanice apod. Pomocí makroskopických modelů je možné zkoumat rozsáhlé dopravní sítě, ale za cenu málo detailního sledování jednotlivých podsystémů.

4.4.2 Zkoumání stanice na mikroskopické úrovni

Při zkoumání stanice na mikroskopické úrovni simulační model detailně popisuje dané pod-systémy tak, aby model podrobně odrazil objekt zkoumání.

Pro zkoumání stanice s vysokou mírou rozlišení již není možné jednotlivé podsystémy zkoumané stanice příliš zjednodušit. Mikroskopické modely jsou charakteristické sledováním jednotlivých dopravních elementů a interakcí mezi těmito elementy (dopravní elementy představují např. objekty přemístění).

U většiny řešených úloh na této úrovni rozlišení je tedy nutné zahrnout do simulačního modelu podrobné informace o konfiguraci infrastruktury, vozidel, technologických procesů i obslužných zdrojů, řídicích a rozhodovacích strategií.

U osobních stanic připadá v úvahu zkoumání několika typů problémů, pro něž je nutné volit model s vysokou mírou rozlišení. Mezi zajímavé problémy patří např. zkoumání:

- Projektování infrastruktury, přičemž je možné posuzovat výstavbu nové stanice již ve fázi projektování. Dále je možné zkoumat změny infrastruktury v rámci přestavby stanice anebo je možné zkoumat menší změny infrastruktury, které ale mohou znamenat značný zásah do provozu ve stanici. Například je možné posoudit dostavbu kolejové spojky, dobudování nového nástupiště, úspory plynoucí z odstranění nevyužitých výhybek apod.
- Prověření provozu stanice před očekávanou změnou grafikonu vlakové dopravy.
- Posouzení dopadu výluky na traťovou (vstupní nebo výstupní) kolej do/ze stanice, případně výluky nástupištních kolejí.
- Ověření dopadu změny lokálních obslužných technologií na provoz ve stanici nebo je možné posoudit změnu počtu obslužných zdrojů (zaměstnanců, posunovacích lokomotiv apod.) ve stanici.
- Strategie operativního řízení a rozhodování při vzniku náhodných vlivů. Do této oblasti lze zahrnout problematiku čekání na přípojný vlak, rozhodování o přidělení náhradní nástupištní koleje, případně řešit problém operativního přidělení náhradní lokomotivy pokud dojde ke vzniku odchylek od plánu oběhu hnacích vozidel.
- Přípravy scénářů pro krizové řízení. Železniční síť, popřípadě její stanice mohou být postiženy podstatnými změnami (krizemi), které jsou zapříčiněny selháním technických a provozních procesů (nehody) nebo působením přírodních sil (povodně). Krizové situace mohou vyvolat podstatnou změnu proudů příjíždějících vlaků, mohou zasáhnout infrastrukturu, způsobit omezení disponibilních zdrojů nebo přivodit nutnost změny strategie řízení stanice.

4.4.3 Zkoumání stanice na mezoskopické úrovni

Tento přístup je založen na kombinaci přístupů z obou výše zmíněných typů simulátorů. Tvůrce modelu je tedy postaven před složitou otázkou vyhodnocení a výběru toho, co je pro vytvoření modelu ještě důležité a co již nikoliv.

Takzvané mezoskopické modely vyplňují mezeru mezi přístupem globálního makromodelu a sledováním individuálních interakcí dopravních elementů v rámci podrobného mikromodelu.

Mezoskopické modely obvykle popisují dopravní elementy (objekty přemístění) značně podrobně, ale chování a interakce těchto entit již nejsou sledovány.

Tento typ modelů je vhodný pro prognózu, která vyžaduje zahrnutí detailů o pohyblivém podsystemu a není nutné sledovat interakci mezi pohyblivým podsystemem a pevným podsystemem nebo mezi jednotlivými entitami pohyblivého podsystemu. Výhodou tohoto typu modelů je rychlejší výstavba simulátorů oproti mikromodelům.

5 Metody využitelné při řešení provozních problémů v rámci simulačních modelů osobních železničních stanic

Při zkoumání systémů hromadné obsluhy s využitím simulace lze využívat další metody, formalizmy a přístupy, jejichž principy je možné v rámci experimentální metody simulace vhodně aplikovat. Do kategorie těchto metod, resp. přístupů patří např. vícekriteriální rozhodování, neuronové sítě, Petriho sítě nebo fuzzy logika.

5.1 Vícekriteriální rozhodování

Vícekriteriální rozhodování (v anglickém jazyce pod názvem *Multiple Criteria Decision Analysis – MCDA*, *Multi Criteria Decision Making – MCDM* nebo také *Decision Support System – DSS*) je disciplína, která se zabývá podporou rozhodování, přičemž za rozhodnutí lze považovat vybrání jedné varianty z množiny v dané situaci potenciálně realizovatelných variant. V této podkapitole jsou uvedeny základní informace týkající se vícekriteriálního rozhodování, přičemž základními publikacemi z této oblasti jsou knihy [22], [25], [60] a [23].

V zásadě existují dva způsoby rozhodování. Jedním z nich je používání tradiční deduktivní logiky, která vychází z předpokladů a postupně z nich tvoří závěr. Tento postup je přímočarý a na základě jeho využití lze obdržet několik oddělených závěrů, přičemž je dalším úkolem tyto závěry spojit do jediného výsledku. Pro takový postup je nutná zkušenost a představitost, což jsou poměrně značné nároky na osobu odpovědnou za rozhodování.

Druhým přístupem je rozvržení uvažovaných faktorů do hierarchické nebo síťové struktury, která bere do úvahy vzájemné souvislosti. Potenciální výsledky jsou v těchto strukturách propojeny a potom se úsudky a logika použijí k odhadu relativních vlivů, z nichž je odvozen definitivní výsledek.

V souvislosti s rozhodováním v různých oblastech lidské činnosti existuje často požadavek, aby rozhodnutí vedlo k volbě (v jistém smyslu) optimální. Nejobtížnějším krokem rozhodovacího procesu je právě ta jeho část, kdy je nutné objasnit, co lze v dané situaci považovat za optimální. Otázka co je v dané situaci optimální úzce souvisí s otázkou, podle jakých kritérií je nutné posuzovat důsledky plynoucí z přijatelného rozhodnutí. Vícekriteriálnost totiž představuje podstatný rys rozhodování. Podaří-li se seznam relevantních kritérií sestavit, ať už s využitím znalostí expertů či na základě individuálních znalostí, není však problém ještě ani zdaleka vyřešen.

Vedle seznamu kritérií nepřímo formulujících cíl rozhodovací analýzy je nutné mít k dispozici i množinu variant, z nichž je rozhodnutí vybíráno. Seznam potenciálních rozhodovacích variant může být zadán:

- Explicitně jako výčet konečného počtu možností.
- Implicitně specifikací podmínek, které musí rozhodovací varianta splňovat aby mohla být považována za přípustnou. V tomto případě se zpravidla nelze vyhnout subjektivním vlivům, případně i zjišťování mínění expertů či zadavatele úlohy.

Vzájemně provázané činnosti tvořící náplň rozhodovacích procesů lze charakterizovat jednotlivými fázemi:

1. *Formulace a stanovení cílů rozhodovacího procesu.* Za cíl lze považovat určitý budoucí stav zkoumaného systému vyplývající z nutnosti uspokojit určité potřeby nebo plnit jisté funkce. Cíle má být dosaženo realizací některé z variant rozhodování. Cíl rozhodování se obvykle hierarchicky rozkládá do dílčích cílů, které se transformují do podoby jednotlivých rozhodovacích kritérií.
2. *Volba kritérií pro rozhodování.* Rozhodovací kritéria mohou mít různou povahu od fyzikálních, technických nebo technologických vlastností, přes ekonomická kritéria vyjádřená peněžními prostředky až k neměřitelným subjektivním kritériím. Kritéria lze dále dělit podle toho, zda existují nezávisle na jejich tvůrci – potom lze hovořit o *charakteristikách* systému, pokud jsou vytvářena úmyslně – pak je lze označit jako o *atributech* systému. Základem pro stanovení kritérií je soubor dílčích cílů řešení rozhodovacího problému. Některé dílčí cíle se však transformují nikoliv do podoby kritérií, ale do omezujících podmínek k redukci souboru rozhodovacích variant.
3. *Stanovení množiny variant řešících daný problém.* Variantami mohou být nejruznější řešení, která má smysl vzájemně porovnávat nebo přicházejí v úvahu pro výběr v určitém procesu rozhodování.
4. *Zhodnocení důsledků realizace variant vzhledem k rozhodovacím kritériím.* Zhodnocením realizace variant se rozumí vyčíslení všech variant z hlediska stanovených kritérií z předchozího kroku.
5. *Konečné rozhodnutí, tj. výběr varianty řešení problému.* V rozhodnutí dojde k vyhodnocení nejlépe ohodnocené varianty z celé množiny rozhodovacích variant. Je vybrána varianta s nejvyšším (v případě uplatnění maximalizační zásady) nebo nejnižším ohodnocením (v případě uplatnění minimalizační zásady).

Rozhodovací proces zahrnující všechny uvedené fáze se někdy nazývá *rozhodovací proces v širším smyslu* na rozdíl od *rozhodovacího procesu v užším slova smyslu*, který se soustředí výhradně na fázi 4 a 5.

Vzhledem k tomu že kroky 1–3 jsou vždy poměrně úzce spojeny s konkrétním rozhodovacím problémem, nelze uvést univerzální návod na stanovení cílů rozhodovacího problému, volbu kritérií pro rozhodování ani na stanovení množiny variant řešících daný problém. V obecné rovině lze ale stanovit návod na zhodnocení rozhodovacích variant a je k dispozici několik metod jak dospět ke konečnému rozhodnutí o výběru varianty řešení. Z tohoto důvodu je v další části textu zaměřena pozornost právě na tyto kroky, tzn. že bude věnována pozornost rozhodovacímu procesu v užším slova smyslu.

Jedno z nejdůležitějších hledisek při klasifikaci rozhodovacích procesů představuje informace o stavech a důsledcích variant vzhledem k jednotlivým kritériím. Tato informace může být:

- úplná (deterministická) vzhledem k jednoznačnosti stavů a hodnot kritérií jednotlivých variant – v tomto případě se jedná o *rozhodování za jistoty*,
- neúplná (náhodná) – jedná se o *rozhodování za nejistoty*.

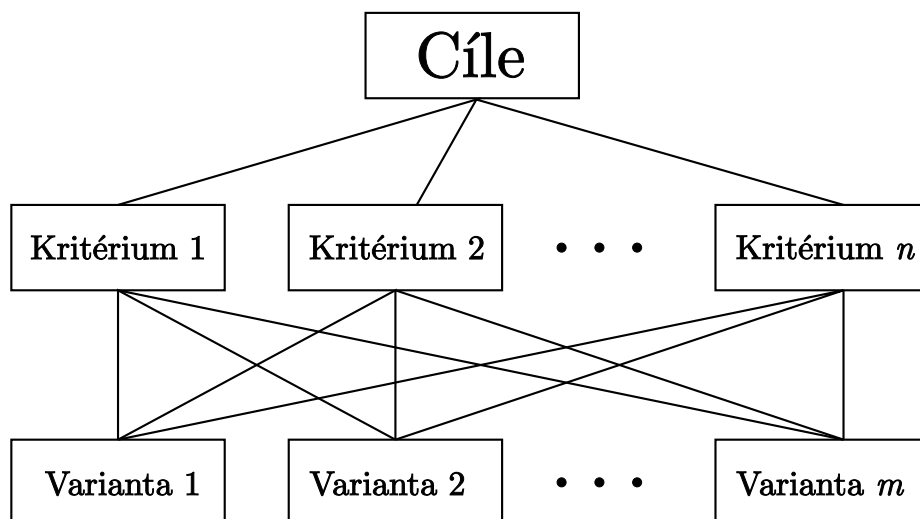
5.1.1 Specifika vícekritériálního rozhodování

Vícekritériální rozhodování je svou povahou specifické a to zejména v těchto aspektech:

- *Multikriteriálním charakterem rozhodovacích problémů.* Platí, že čím je počet kritérií a variant vyšší, tím je toto hodnocení obtížnější. Pro porovnání jsou zde uvedeny základní vlastnosti monokriteriálních a vícekriteriálních rozhodovacích problémů.
 - *Jednokriteriální (monokriteriální) charakter rozhodovacích problémů* je v praxi spíše výjimkou. V případě jednoho kritéria kvantitativního charakteru stačí varianty uspořádat podle hodnot kritéria a varianta s nejvyšší (nejnižší) hodnotou se stává variantou optimální.
 - *Vícekriteriální (multikriteriální) charakter rozhodovacích problémů* je podstatně častější a tyto problémy jsou charakteristické nutností posouzení a hodnocení varianty jejich řešení z více hledisek.
- *Neaditivnost kritérií.* Obtížnost úloh vícekriteriálního hodnocení nespočívá pouze v počtu kritérií, ale také ve způsobu jakým jsou kritéria v závislosti na své povaze vyjádřena. Kritéria vyjádřená v různých jednotkách nejsou aditivní. A ani kritéria vyjádřená ve stejných měrných jednotkách nemusí být aditivní.
- *Smíšeným souborem kritérií.* Poměrně častou záležitostí je výskyt kritérií kvantitativní povahy (jsou vyjádřena číselně) a zároveň kritérií kvalitativní povahy (důsledky variant vzhledem k těmto kritériím nelze kvantifikovat, ale lze je vyjádřit pouze slovním popisem).

Konečným výsledkem celého postupu hodnocení variant může být:

1. Stanovení takové varianty řešení rozhodovacího problému, která nejlépe splňuje cíle řešení tohoto problému, tzn. celkově nejvýhodnější (optimální) varianty.
2. Určení tzv. preferenčního uspořádání variant, tj. jejich seřazení podle celkové výhodnosti, přičemž realizováno může být i několik variant z prvních míst tohoto uspořádání.



Obrázek 5.1: Struktura vícekriteriálního hodnocení. Zdroj: [25].

Při hodnocení variant z hlediska splnění hlavního a dílčích cílů se vychází ze stanovených kritérií hodnocení – celá struktura je znázorněna na obrázku 5.1. Zvolená varianta by měla

být nejlepší z hlediska celého souboru kritérií, proto je nezbytné stanovit dopady jednotlivých variant z hlediska všech kritérií.

Racionální postup hodnocení variant musí vycházet z toho, že varianta určená k realizaci by měla být variantou přípustnou. Ze souboru variant je třeba vyloučit varianty nepřipustné a to z důvodu, že:

- nenaplnují některé z cílů rozhodovacího problému,
- překračují určité omezující podmínky.

5.1.2 Přístupy k vícekriteriálnímu hodnocení variant

Jak již bylo uvedeno, v praxi se zřídka vyskytují situace, kdy v souboru hodnocených variant existuje jen jedna varianta, která je nejlepší z hlediska všech kritérií. Zpravidla jsou některé varianty lepší z určitých hledisek a naopak podle jiných kritérií jsou horší než jiné. Tento fakt vyplývá z povahy některých kritérií, kdy je jejich protisměrné působení logické (jedná se o konfliktní kritéria).

K řešení úloh vícekriteriálního hodnocení existuje několik přístupů:

1. *Redukce počtu kritérií hodnocení.* Velký počet kritérií hodnocení, a to většinou protichůdných, výrazně komplikuje samotné hodnocení. Tato skutečnost se může odrazit v tom, že rozhodovatelé, vedeni snahou vyrovnat se složitostí vícekriteriálního hodnocení, neoprávněně zjednodušují celý postup pomocí redukce počtu kritérií. Tento postup je založen na zanedbávání méně důležitých kritérií a v extrémním případě může dojít k vyloučení všech kritérií až na jediné kritérium nejdůležitější. Tím se v podstatě převádí složitá úloha vícekriteriálního hodnocení na hodnocení jednokriteriální, což může být v řadě případů zcela nepřijatelné zjednodušení.

Na druhou stranu může tento postup vést k uspokojivým výsledkům v případě výskytu jednoho kritéria dominantního a ostatních kritérií podstatně méně důležitých. V takovém případě je možné akceptovat redukci počtu kritérií na kritérium jediné, což vede k značnému zjednodušení celé úlohy.

2. *Převod hodnot kritérií na stejnou měrnou jednotku.* Cílem tohoto přístupu je zajistit aditivnost jednotlivých kritérií a tím vlastně převod na jediné kritérium.
3. *Převod hodnot všech kritérií na bezrozměrné vyjádření.* Převod na bezrozměrné vyjádření kritérií znamená vyjádření užitku (utility). Tento přístup vede na uplatnění významné skupiny *metod vícekriteriálního hodnocení variant*, které lze dále dělit na:

- metody přímého stanovení vah kritérií,
- metody založené na principu párového porovnání variant.

4. *Kompenzační metoda.* Tato metoda představuje specifický přístup k výběru optimální varianty, kdy, pomocí principu dominance a ekvivalentních výměn, postupně dochází k vylučování variant a kritérií hodnocení. Kompenzační metoda se od metod vícekriteriálního hodnocení variant odlišuje v tom, že nevyžaduje stanovení vah kritérií.

Výsledkem celého postupu je takové řešení, kdy zůstane pouze jediná (optimální) varianta nebo soubor několika málo variant s jedinou dominující variantou.

Podle definice pojem *dominance* znamená, že varianta A dominuje variantu B v případě, že je lepší z hlediska alespoň jednoho kritéria a z hlediska žádného kritéria není horší. Varianta A se nazývá variantou dominující, varianta B dominovanou.

Praktická dominance představuje určité rozšíření pojmu teoretické dominance, kdy se nevyžaduje striktní plnění výše uvedené definice. Varianta A bude prakticky dominovat variantu B obvykle v případě, kdy počet kritérií hodnocení, vzhledem ke kterým je varianta A lepší než varianta B, je výrazně větší než počet kritérií, podle kterých je varianta B lepší než varianta A.

Pokud tedy v množině variant existují dominované či prakticky dominované varianty, lze je vyloučit, neboť nikdy nemohou představovat nejvýhodnější (optimální) variantu.

Pomocí *ekvivalentních výměn* lze eliminovat hodnocení u určitých kritérií. Je zřejmé, že pokud jsou důsledky všech posuzovaných variant z hlediska určitého kritéria stejné, pak lze toto kritérium vyloučit.

Ekvivalentní výměna se vztahuje vždy k určité variantě a její podstata spočívá ve zlepšení hodnoty jednoho kritéria při současném zhoršení hodnoty jiného kritéria a to tak, aby nedošlo ke změně celkového hodnocení této varianty.

U kompenzační metody rozhodovatel zvažuje významnost jednotlivých kritérií i bez explicitního vyjádření jejich vah. Z ekvivalentní výměny by bylo možné váhy kritérií stanovit, což je podstatou *kompenzační metody stanovení kritérií*.

První dva přístupy z uvedených možností řešení zjednodušují vícekritériální problém na problém jednokritériální, což nemusí vždy vést k očekávaným výsledkům. Z tohoto důvodu bude dále zaměřena pozornost na ty metody, které nevedou na takové zjednodušení a umožňují řešení vícekritériálních rozhodovacích problémů s respektováním všech kritérií, což představují přístupy 3 a 4. Nejprve budou uvedeny možnosti řešení s využitím metod vícekritériálního hodnocení variant.

Metody vícekritériálního hodnocení variant

Základní předností metod vícekritériálního hodnocení variant je:

- Možnost posuzovat varianty vzhledem k rozsáhlému souboru kritérií.
- Nutnost explicitního formalizovaného (nikoliv pouze intuitivního) vyjádření svého chápání důležitosti jednotlivých kritérií hodnocení odpovědnými subjekty.
- Transparentnost a reprodukovatelnost celého procesu hodnocení variant i pro subjekty, které nejsou přímo odpovědné za proces rozhodování.

Metody stanovení vah kritérií

Většina metod vícekritériálního hodnocení variant vyžaduje nejprve stanovit váhy jednotlivých kritérií hodnocení. Váhy kritérií (někdy se také používá název koeficienty významnosti) jsou číselně vyjádřeným odrazem jejich významnosti, resp. důležitosti sledovaných cílů, které jsou transformovány právě do jednotlivých kritérií. Čím je kritérium významnější, resp. čím je za významnější považováno subjektem odpovědným za rozhodování, tím je jeho váha vyšší. A naopak, méně významným kritériím je přisouzena nižší váha.

Pro dosažení srovnatelnosti vah souboru kritérií, které mohou být stanoveny různými metodami, se tyto váhy zpravidla normují tak, aby jejich součet byl roven jedné.

V teorii rozhodování [25] byl postupně vytvořen větší počet metod stanovení vah kritérií, které se liší svojí složitostí, která je odrazem různého algoritmického základu jednotlivých metod.

Tento aspekt se odráží ve dvou rovinách, a to:

- ve srozumitelnosti pro uživatele,
- v náročnosti na typ informací, které je nezbytné pro stanovení vah získat.

V další části bude zaměřena pozornost nejprve na metody přímého stanovení vah kritérií, poté na metody založené na párovém porovnávání kritérií.

Metody přímého stanovení vah kritérií

Do této skupiny patří tyto metody s označením bodová stupnice a porovnání kritérií pomocí jejich preferenčního pořadí. Tyto metody se vyznačují tím, že dochází ke stanovení vah jednotlivých kritérií (na základě jejich důležitosti) přímo.

Bodová stupnice

Postup stanovení vah kritérií touto metodou spočívá v přiřazení určitého počtu bodů ze zvolené stupnice každému kritériu a to v souladu s tím, jak subjekt odpovědný za hodnocení hodnotí význam každého kritéria.

Volba bodové stupnice závisí na diferenci významnosti jednotlivých kritérií a je vhodné se zamyslet ještě před jejím stanovením nad vztahem nejméně a nejvíce významného kritéria, neboť ta budou určovat její rozpětí. Příkladem stupnice s nižší rozlišovací schopností může být pětibodová stupnice (1, 2, 3, 4, 5), s vyšší rozlišovací schopností devítibodová stupnice (1, 2, ..., 9). Čím považuje posuzovatel kritérium za významnější, tím větší počet bodů mu přiřadí.

Po přiřazení bodů jednotlivým kritériím je na závěr provedeno normování, jehož výsledkem jsou váhy kritérií.

Na podobném principu jako bodová stupnice je založena *metoda alokace 100 bodů* [25]. Základem této metody je ta skutečnost, že rozhodující subjekt má k dispozici 100 bodů a jeho úkolem je tyto body rozdělit mezi jednotlivá kritéria v souladu s jejich významností. Váha kritéria je pak určena počtem přidělených bodů, přičemž hodnotitel musí v průběhu hodnocení dbát na to, aby přesně vyčerpал 100 bodů, které má k dispozici. Vzhledem k této skutečnosti lze tuto metodu pokládat za obtížnější než je klasická bodová stupnice, a to zejména při větším počtu kritérií.

Porovnání významu kritérií pomocí jejich preferenčního pořadí

Stanovení vah metodou preferenčního pořadí lze rozdělit do následujících tří kroků:

1. Stanovení preferenčního uspořádání, tj. pořadí významnosti kritérií.
2. Určení vah kritérií porovnáním významu kritérií s kritériem nejméně významným (posledním v preferenčním pořadí).
3. Normování vah.

Pořadí významnosti kritérií lze stanovit dvěma způsoby: *přímým*, nebo *etapovým uspořádáním*. Při přímém uspořádání určuje rozhodovací subjekt přímo pořadí významnosti kritérií od nejméně významného až k nejvýznamnějšímu kritériu.

I když je přímé uspořádání principiálně velmi jednoduché, je jeho využití v případě rozsáhlejšího souboru kritérií pro rozhodovací subjekt značně náročné. Při stanovení pořadí kritérií je totiž nutné současně posuzovat význam všech kritérií z daného souboru.

Tuto náročnost stanovení preferenčního pořadí rozsáhlých souborů kritérií značně snižuje *etapové uspořádání*. V tomto případě se pořadí kritérií stanovuje v několika etapách, a to v závislosti na počtu kritérií. V každé etapě se určuje nejméně významné a nejvýznamnější kritérium. Tato kritéria se před další etapou ze souboru kritérií vypustí a postup se opakuje s redukováním počtem kritérií.

Ve fázi určení vah kritérií se postupuje tak, že se nejvýznamnějšímu kritériu přiřadí váha 1 a rozhodovací subjekt určí, kolikrát je předposlední kritérium preferenčního pořadí významnější než toto poslední kritérium. Dále se stejný postup opakuje se třetím kritériem od konce a až v posledním kroku dojde k určení kolikrát je první kritérium významnější než kritérium poslední (z hlediska důležitosti). Výsledkem tohoto postupu jsou nenormované váhy - koeficienty důležitosti. Posledním krokem je tedy normování, které zabezpečí hodnoty vah v intervalu $\langle 0, 1 \rangle$.

Metody stanovení vah kritérií založené na párovém srovnání

Pro metody stanovení vah kritérií založené na párovém srovnávání je charakteristické zjišťování preferenčních vztahů dvojic kritérií. Do této skupiny metod patří dvě základní metody:

- metoda párového srovnávání (Fullerova metoda),
- Saatyho metoda.

Metoda párového srovnávání (Fullerova metoda)

V základní verzi Fullerovy metody [25] se pro každé kritérium zjišťuje počet jeho párových preferencí vzhledem ke všem ostatním kritériím souboru. Rozhodovací subjekt u každé dvojice kritérií určuje, zda preferuje kritérium uvedené v řádku před kritériem uvedeným ve sloupci. Jestliže ano, příslušné kritérium zakroužkuje, případně označí jiným způsobem. Přípustné je také zakroužkování obou kritérií v případě jejich rovnosti. V takovém případě je daným kritériím započteno do počtu preferencí 0,5 bodu. Po vytvoření schématu jednotlivých dvojic kritérií vzniká trojúhelník, který se někdy uvádí pod názvem *Fullerův trojúhelník*.

Pro každé kritérium i dále stačí vyhodnotit počet jeho preferencí f_i , který je roven součtu jeho označení v trojúhelníku. Na základě počtu preferencí jednotlivých kritérií se jejich normované váhy určí podle vztahu (5.1), kde w_i je normovaná váha i -tého kritéria, f_i je počet preferencí i -tého kritéria a n je počet kritérií.

$$w_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^n f_i} \quad (5.1)$$

Počet uskutečněných srovnání je dán výrazem (5.2).

$$\sum_{i=1}^n f_i = \frac{n \cdot (n - 1)}{2} \quad (5.2)$$

Postup výpočtu vah kritérií dokumentuje následující příklad, kde uvažujeme čtyři kritéria K_1, \dots, K_4 .

$$\begin{array}{ccccc}
 \textcircled{K_1} & & K_1 & & \textcircled{K_1} \\
 & K_2 & \textcircled{K_3} & & K_4 \\
 \hline
 & & \textcircled{K_2} & & \textcircled{K_2} \\
 & & K_3 & & K_4 \\
 \hline
 & & & & K_3 \\
 & & & & \textcircled{K_4}
 \end{array} \tag{5.3}$$

Pro uvedený příklad ze vzorce (5.3) vychází tyto hodnoty preferencí: $f_1 = 2, f_2 = 2, f_3 = 1, f_4 = 1, \sum_{i=1}^4 f_i = 6$. Po dosazení do vzorce (5.1) lze získat tyto hodnoty vah kritérií: $w_1 = 0,33; w_2 = 0,33; w_3 = 0,16; w_4 = 0,16$.

Určitou nevýhodou stanovení vah kritérií základní verze metody párového srovnání podle vztahu (5.1) je případ výskytu nulového počtu preferencí určitého kritéria. V tomto případě bude nulová i jeho váha a to i v případě, kdy se nejedná o bezvýznamné kritérium (pokud by bylo bezvýznamné, nemuselo by se v seznamu kritérií vyskytovat). Z tohoto důvodu se uplatňuje pro stanovení vah kritérií jiný vztah, který spočívá ve zvýšení počtu preferencí u každého kritéria o jednu. Tím tedy dochází k modifikaci uvedeného vztahu (5.1) na vztah (5.4), kde n vyjadřuje počet kritérií.

$$w_i = \frac{f_i + 1}{n + \sum_{i=1}^n f_i} \tag{5.4}$$

Saatyho metoda stanovení vah kritérií

Saatyho metodu [25] stanovení vah kritérií lze rozdělit do dvou kroků:

1. Zjištění preferenčních vztahů pro dvojice kritérií. Tento krok je analogický k metodě párového srovnávání. Kritéria jsou uspořádána v tabulce, kde jsou v řádcích a sloupcích zapsána kritéria ve stejném pořadí.

Na rozdíl od metody párového srovnávání se však kromě směru preference dvojic kritérií určuje také velikost této preference. Ta se vyjadřuje určitým počtem bodů ze zvolené bodové stupnice.

Saaty doporučuje využít pro vyjádření velikosti preferencí bodové stupnice s daným významem. Bodová stupnice je uvedena v tabulce 5.1.

Tabulka 5.1: Saatyem doporučená bodová stupnice s jejím významem.

Počet bodů	Význam bodového hodnocení
1	Kritéria jsou stejně důležitá
3	První kritérium je slabě významnější než druhé.
5	První kritérium je dosti významnější než druhé.
7	První kritérium je prokazatelně významnější než druhé.
9	První kritérium je absolutně významnější než druhé.

zdroj: [25]

Výsledkem tohoto kroku je získání pravé části *matice párových porovnání* (někdy se také tato matice označuje jako *Saatyho matice* nebo *matice velikosti preferencí*). Tato matice bude označena S a její další prvky lze získat podle vztahů (příklad je uveden v matici (5.5)):

- (a) Prvky nad hlavní diagonálou odpovídají velikosti stanovené preference.
- (b) Prvky na diagonále $s_{ii} = 1$ pro všechna i .
- (c) Prvky pod hlavní diagonálou $s_{ji} = \frac{1}{s_{ij}}$ pro všechna i a j .

Prvky s_{ij} Saatyho matice jsou odhadem podílů (hledaných neznámých) vah kritérií w_i a w_j , platí tedy $s_{ij} \approx \frac{w_i}{w_j}$.

	K_1	K_2	K_3	K_4	
K_1	1	3	7	9	
K_2	$\frac{1}{3}$	1	5	7	
K_3	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{5}$	1	3	
K_4	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{3}$	1	(5.5)

2. Váhy kritérií lze nyní stanovit s využitím znalosti Saatyho matice:

- *Exaktním způsobem* navrženým Saatyem [60]. Tento způsob je založen na výpočtu vlastního vektoru matice relativních důležitostí, nebo metodou nejmenších čtverců. Oba tyto postupy jsou však početně náročnější a zvláště u rozsáhlejších souborů kritérií předpokládají softwarovou podporu.

Pro výpočet vah w_i , které nejsou předem známy, se využívá dodatečná informace o číslech s_{ij} . Východiskem je předpoklad, že pro všechny hodnoty s_{ij} podle (5.1) (a dalších uvedených pravidel pro výpočet hodnot prvků s_{ij}) platí, že $s_{ij} \geq 0$, jinak řečeno, matice S je kladná.

Na základě Perron-Frobeniovy věty [58] o vlastních číslech platí, že:

- (a) Každá kladná matice (tedy i matice S) má jednoduché (tj. nikoliv vícenásobné) kladné maximální vlastní číslo λ_{max} a platí, že $\lambda_{max} > \lambda_k$ pro ostatní vlastní čísla uvažované matice.
- (b) Vlastní vektor odpovídající vlastnímu číslu λ_{max} má kladné složky a je určen jednoznačně až na kladný násobek.

Tyto skutečnosti zajišťují matici párových porovnání S existenci jak kladného maximálního čísla λ_{max} , tak příslušného vlastního vektoru s kladnými složkami, z něhož lze po normalizaci získat požadovaný vektor vah w .

Výpočet vah w tedy spočívá ve výpočtu vlastního vektoru odpovídajícího maximálnímu vlastnímu číslu λ_{max} matice párových porovnání S , což lze vyjádřit vztahem (5.6).

$$S \cdot w = \lambda_{max} \cdot w \tag{5.6}$$

Saatyho postup pro odvození vah kritérií z matice párových porovnání spočívá ve výpočtu rovnice (5.6). Pro tento výpočet existuje několik numerických metod, jedna z nich je založena na platnosti vztahu (5.8), kde S je reciproční matice, w je vektor příslušející největšímu vlastnímu číslu, c je konstanta odpovídající

vlastnímu číslu λ_{max} a $e^T = (1, 1, \dots, 1)$. Reciproční matice S je taková matice (je to čtvercová matice o rozměru $n \times n$), pro jejíž prvky platí vztah (5.7), přičemž platí: $i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, n$.

$$s_{ij} = \frac{1}{s_{ji}} \quad (5.7)$$

Rovnice (5.8) říká, že vektor tvořený součtem prvků řádků r -té mocniny matice S dělený součtem všech prvků této matice se blíží pro dostatečně velké r vlastnímu vektoru matice S příslušející největšímu vlastnímu číslu. Zkušenosti ukazují, že dostatečné přesnosti je dosaženo již pro $r = 16$.

$$\lim_{r \rightarrow \infty} \frac{S^r \cdot e}{e^T \cdot S^r \cdot e} = c \cdot w \quad (5.8)$$

O exaktních přístupech více pojednává publikace [60].

Příklad exaktního výpočtu pro $r = 16$ je uveden na matici (5.5).

(a) Výpočet čitatele zlomku (5.8):

$$S^r \cdot e = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 7 & 9 \\ \frac{1}{3} & 1 & 5 & 7 \\ \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & 1 & 3 \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{7} & \frac{1}{3} & 1 \end{bmatrix}^{16} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4,837 \cdot 10^{10} \\ 2,402 \cdot 10^{10} \\ 0,704 \cdot 10^{10} \\ 0,352 \cdot 10^{10} \end{bmatrix} \quad (5.9)$$

(b) Výpočet jmenovatele zlomku (5.8):

$$e^T \cdot S^r \cdot e = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 3 & 7 & 9 \\ \frac{1}{3} & 1 & 5 & 7 \\ \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & 1 & 3 \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{7} & \frac{1}{3} & 1 \end{bmatrix}^{16} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = 8,295 \cdot 10^{10} \quad (5.10)$$

(c) Po dosazení do vzorce (5.8) lze získat tyto váhy kritérií:

- $w_1 = 0,582$
- $w_2 = 0,290$
- $w_3 = 0,085$
- $w_4 = 0,043$

• *Aproximativním způsobem.* Tento přístup je z hlediska náročnosti výpočtu snažší.

– *Hrubý odhad vah kritérií* lze získat například jako součet prvků v každém řádku Saatyho matice, který je vydělen součtem všech prvků této matice. Stanovené podíly pro jednotlivé řádky pak představují odhady vah odpovídajících kritérií. Pro matici ze vztahu (5.5) by takový výpočet vypadal následovně:

(a) Výpočet součtů jednotlivých řádků:

- * $s_1 = 1 + 3 + 7 + 9 = 20$
- * $s_2 = \frac{1}{3} + 1 + 5 + 7 = \frac{40}{3}$
- * $s_3 = \frac{1}{7} + \frac{1}{5} + 1 + 3 = \frac{152}{35}$
- * $s_4 = \frac{1}{9} + \frac{1}{7} + \frac{1}{3} + 1 = \frac{100}{63}$

(b) Výpočet součtu všech prvků matice (5.5) např. s využitím řádkových součtů: $\sum_{i=1}^4 s_i = 20 + \frac{40}{3} + \frac{152}{35} + \frac{100}{63} = \frac{5811}{148}$.

(c) Zbývá již jen vypočítat váhy kritérií:

$$* w_1 = \frac{\frac{20}{5811}}{\frac{148}{148}} = \frac{869}{1706} = 0,509$$

$$* w_2 = \frac{\frac{40}{5811}}{\frac{148}{148}} = \frac{525}{1546} = 0,340$$

$$* w_3 = \frac{\frac{152}{5811}}{\frac{148}{148}} = \frac{171}{1546} = 0,111$$

$$* w_4 = \frac{\frac{100}{5811}}{\frac{148}{148}} = \frac{125}{3092} = 0,040$$

– *Dobré odhady vah kritérií* lze získat z geometrických průměrů řádků Saatyho matice. Tento postup spočívá v pronásobení všech prvků v každém řádku matice (počet prvků v každém řádku matice je označen n) a je určena n -tá odmocnina z tohoto součinu. Výsledné geometrické průměry jednotlivých řádků Saatyho matice jsou poté znormovány (vyděleny součtem všech geometrických průměrů).

Postup výpočtu pro matici ze vztahu (5.5) by takový výpočet vypadal následovně:

(a) Výpočet geometrického průměru každého řádku i podle vztahu:

$$g_i = \sqrt[k]{\prod_{j=1}^k s_{ij}} \quad (5.11)$$

$$* g_1 = \sqrt[4]{1 \cdot 3 \cdot 7 \cdot 9} = 3,708$$

$$* g_2 = \sqrt[4]{\frac{1}{3} \cdot 1 \cdot 5 \cdot 7} = 1,848$$

$$* g_3 = \sqrt[4]{\frac{1}{7} \cdot \frac{1}{5} \cdot 1 \cdot 3} = 0,541$$

$$* g_4 = \sqrt[4]{\frac{1}{9} \cdot \frac{1}{7} \cdot \frac{1}{3} \cdot 1} = 0,270$$

(b) Po uplatnění normalizace lze získat váhy kritérií:

$$* w_1 = \frac{3,708}{6,367} = 0,582$$

$$* w_2 = \frac{1,848}{6,367} = 0,290$$

$$* w_3 = \frac{0,541}{6,367} = 0,085$$

$$* w_4 = \frac{0,270}{6,367} = 0,043$$

Z uvedených postupů pro stanovení vah souboru kritérií vyplývá, že jednotlivé metody nedávají zcela stejné výsledky.

Praktické zkušenosti ukazují, že při uplatnění Saatyho metody dochází obvykle k výraznější diferenciaci vah kritérií než u ostatních metod. To znamená, že váhy významnějších kritérií jsou vyšší a naopak váhy méně důležitých kritérií jsou nižší než váhy stejných kritérií při jejich stanovení jinými metodami. Příčina spočívá zpravidla v tom, že hodnotitelé nesprávně interpretují bodovou stupnici navrženou Saatyem při posuzování relací významu jednotlivých dvojic kritérií. Při posuzování významnosti kritérií je nutné si uvědomit, že počty bodů vyjadřují intenzitu preferencí, tj. násobky (resp. podíly) vah vzájemně srovnávaných kritérií.

5.2 Stručný přehled metod umělé inteligence

Metody umělé inteligence se zabývají tvorbou výpočetních nástrojů vykazujících známky inteligentního chování. Do této třídy metod patří:

- *Umělé neuronové sítě*, kterým se z hlediska teorie věnuje kapitola 5.3.
- *Genetické programování*. Genetické algoritmy jsou inspirovány Darwinovou evoluční teorií. Algoritmus začíná s množinou řešení (ta jsou reprezentována chromozomy), která se nazývá populace. Řešení z jedné populace jsou použita k vytvoření nové populace, která je vytvořena na základě vybraných jedinců z předchozí populace a uplatnění metod křížení, mutace a reprodukce. Výběr řešení, která jsou použita k vytvoření nových řešení, probíhá na základě fitness funkce (selekčního koeficientu). Ten vyjadřuje cenu jedince z hlediska evoluce. Jedinec s nejvyšší hodnotou selekčního koeficientu reprezentuje nejlepší nalezené řešení.
- *Fuzzy logika*. Fuzzy logika se poprvé objevila v roce 1965 v článku, jehož autorem byl profesor L. A. Zadeh. Tehdy byl definován základní pojem fuzzy logiky a to fuzzy množina. Slovo fuzzy znamená neostrý, matný, mlhavý, neurčitý, vágní. Odpovídá tomu i to, čím se fuzzy teorie zabývá: snaží se pokrýt realitu v její nepřesnosti a neurčitosti.

V klasické teorii množin prvek do množiny buďto patří (úplné členství v množině) nebo nepatří (žádné členství v množině).

Fuzzy množina je množina, která kromě úplného nebo žádného členství připouští i členství částečné. To znamená, že prvek patří do množiny s jistou pravděpodobností (stupeň příslušnosti). Funkce, která každému prvku universa přiřadí stupeň příslušnosti se nazývá funkce příslušnosti.

Fuzzy technologie se v současné době úspěšně používá při řízení vybraných subsystémů v automobilech (řízení motoru, ABS, klimatizace apod.), v řízení výtahů, v domácích elektrospotřebičích, pro automatické řízení vozidel v metru atd.

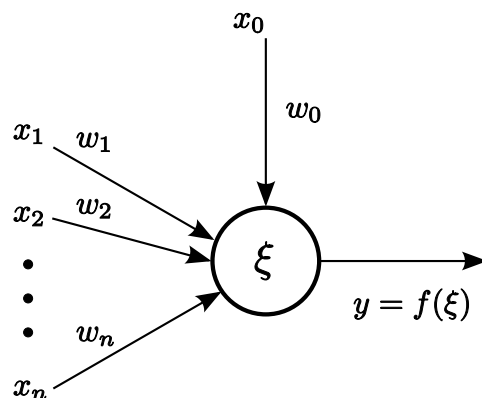
Možností využití Fuzzy logiky pro rozhodování v simulačních modelech dopravních systémů se zabývá práce [68].

5.3 Umělé neuronové sítě

Umělá neuronová síť (v dalším textu také označovaná jen jako *neuronová síť*) je struktura sestávající z výpočetních jednotek – neuronů, které jsou mezi sebou vzájemně propojeny spoji s ohodnocenými váhami [44]. Schopností adaptovat tyto váhy – učit se na základě trénovacích vzorů, umožňují realizovat kvalitativně novou funkci implicitně obsaženou v trénovacích datech. Důležitou vlastností neuronových sítí je kromě schopnosti učit se, tedy nacházet závislosti v trénovacích datech a ty reprezentovat pomocí vah, také schopnost *zevšeobecnování* (generalizace) *získaných poznatků*, tedy schopnost správně reagovat i na neznámé vstupy, na které nebyla neuronová síť naučena. Umělé neuronové sítě jsou inspirovány poznatky z oblasti neurofyziologie, tedy funkcí nervových buněk a mozku živých organismů.

Na obrázku 5.2 je znázorněn formální neuron, kde:

- x_1, \dots, x_n jsou vstupy neuronové sítě,
- w_1, \dots, w_n jsou váhy spojů,
- x_0 je formální vstup,
- w_0 je váha formálního spoje,
- $\theta = x_0 \cdot w_0$ je práh neuronu,



Obrázek 5.2: Formální neuron. Zdroj: [44].

- ξ je vnitřní potenciál (vážená suma vstupních hodnot $\xi = \sum_{i=1}^n x_i \cdot w_i$),
- $y = f(\xi)$ je výstup neuronu získaný aplikací *aktivační funkce* na potenciál. Aktivační funkce určuje hodnotu výstupního signálu neuronu v případě, kdy dojde v neuronu k překročení jeho prahu.

Za počátek vzniku neuronových sítí lze považovat rok 1943, kdy W. McCulloch a W. Pitts matematicky popsali jednoduchý model neuronu. Ukázali, že pomocí vzájemného propojení těchto neuronů lze realizovat libovolnou funkci. V roce 1969 byla vydána práce M. Minského a S. Pepertha s názvem Perceptrons, ve které autoři zpochybnili možnosti neuronových sítí zejména argumentací, že problém separovatelnosti logické funkce XOR není možné vyřešit pomocí perceptronu. Algoritmus učení sítě perceptronů, který by tento problém zvládl, nebyl znám, a proto tato práce pozastavila zájem o neuronové sítě až do začátku 80. let. V roce 1986 byl D. Rumelhartem, G Hintonem a R. Wiliamsem popsán učící algoritmus zpětného šíření (backpropagation), který umožňoval učit vícevrstvou perceptronovou sítí a vyřešit tak problém funkce XOR.

V současné době existuje řada prací, které se zabývají neuronovými sítěmi, jejich modifikacemi, učícími pravidly a rychlejšími učícími algoritmy včetně řady aplikací. Nejvíce zájmu se soustřeďuje kolem vícevrstvé perceptronové sítě, která je nejznámější a nejrozšířenější. Existují desítky algoritmů učení této neuronové sítě.

5.3.1 Oblasti využití neuronových sítí

Díky uvedeným vlastnostem mají umělé neuronové sítě uplatnění v mnoha vědních disciplínách a problémech, které by jinak byly v praxi složitě řešitelné. Mezi oblastí použití neuronových sítí patří například:

- *Zpracování signálů.* V této oblasti se jedná o celou řadu aplikací neuronových sítí. Jednou z prvních komerčních aplikací bylo (a stále je) potlačení šumu a ozvěny během telefonního hovoru. Potřeba zvyšování kvality přenášených signálů vyvstala zejména u přenášení telefonních hovorů na dlouhé vzdálenosti.
- *Řízení.* Kromě využití neuronových sítí v oblasti řízení nelineárních procesů (systémů) lze neuronové sítě využít i v oblasti řízení složitých zařízení v dynamicky se měnících podmínkách. Příkladem z této oblasti může být např. řízení nákladního automobilu s

přívěsem během přistavování přívěsu k místu ložné operace, kdy neuronová síť na základě polohy kabiny, polohy místa ložné operace a úhlu mezi automobilem a přívěsem dokáže řídit automobil tak, aby byl přívěs přistaven přesně k místu ložné operace. Dalšími příklady z této oblasti může být nahrazení funkce pilota nebo regulace toku látek ve složitém technologickém procesu chemického průmyslu [18].

- *Rozeznávání vzorů.* Do této oblasti patří celá řada zajímavých problémů. Specifickou oblastí, pro niž byly navrženy neuronové sítě, je automatické rozeznávání rukou psaného písma. Různá velikost, styl a umístění písma činí tento problém složitě řešitelný klasickými metodami. Obecně použitelné vícevrstvé neuronové sítě byly použity pro rozeznávání např. poštovního směrovacího čísla apod.
- *Medicína.* Příkladem využití neuronových sítí v medicíně může být trénování neuronové sítě na velké množství lékařských záznamů obsahujících informace o symptomech, diagnóze a léčbě. Po natrénování může neuronová síť na základě vstupních symptomů určit diagnózu pacienta.
- *Produkce umělé řeči.* V jazycích s rozdílnou výslovností od psaného textu je poměrně složité produkovat řeč se správnou výslovností. V této oblasti také nachází uplatnění neuronové sítě, neboť stačí neuronovou síť naučit několik set vzorů a síť dále dokáže reprodukovat s malým počtem chyb ve výslovnosti i slova, na něž nebyla naučena.
- *Rozhodování.* Do této oblasti spadá celá řada rozhodovacích problémů z různých oblastí. Příkladem může být rozhodování v ekonomice o poskytnutí úvěrů klientům s různým stupněm rizika, rozhodování o stanovení bonity různých institucí apod.

5.3.2 Druhy neuronových sítí

Vzhledem k rozdílnému typu úloh bylo potřeba vyvinout celou řadu neuronových sítí s odlišnou architekturou. Pro většinu možných aplikací je stále nejvíce preferovanou neuronovou sítí *dopředná mnohvrstvá neuronová síť*, někdy se také používá název *vícevrstvá perceptronová síť*, což je ale určité zjednodušení. Mezi dopředné neuronové sítě totiž patří i další typy sítí, např. neuronová síť typu ADALINE. Tato architektura, kterou je možné považovat za prvotní architekturu neuronových sítí, se stále využívá v různých oblastech aplikací a platí to také pro oblast řízení systémů.

Dále je uveden stručný přehled základních typů neuronových sítí, podrobnější přehled neuronových sítí by byl nad rámec této práce. Tento přehled čerpá z publikací [21], [44], [47], kde jsou rovněž dostupné bližší informace k uvedeným neuronovým sítím:

- *Dopředné neuronové sítě.* Dopředné sítě byly navrženy jako vůbec první ze všech typů neuronových sítí. Informace se v tomto typu sítě šíří vždy pouze jedním směrem a to směrem od vstupů sítě přes skryté vrstvy (pokud v síti nějaké jsou) až k vrstvě výstupní. V těchto sítích se nevyskytují smyčky (jsou acyklické). Do této skupiny neuronových sítí patří:
 - *Jednovrstvá síť typu perceptron.* Tento typ neuronové sítě byl vůbec první architekturou neuronových sítí. Jednovrstvá perceptronová síť se skládá pouze ze vstupů a výstupů, které jsou vzájemně propojeny. Přestože je tento typ sítě poměrně limitován z pohledu výpočetních možností, lze tuto síť použít k aproximaci vybraných funkcí.

- *Vícevrstvá síť typu perceptron*. Tato síť se skládá z několika vrstev výpočetních jednotek (neuronů), které jsou vzájemně propojeny dopředným způsobem. Teoreticky se uvádí, že tento typ sítě je schopný aproximovat libovolnou spojitou funkci, která promítá interval reálných čísel na výstupní interval reálných čísel, přičemž k této aproximaci vždy stačí pouze jedna vrstva. Toto pravidlo platí pouze pro vybrané třídy aktivačních funkcí – např. sigmoidu. Velice často používanou architekturou perceptronové sítě je síť se dvěma vrstvami. Neuronovým sítím tohoto typu je blíže věnována kapitola 5.3.3.
- *Adaptivní lineární neuronová síť (ADALINE)*. Tento typ sítě je obdobou perceptronu, jedná se o nejjednodušší učící se systém. Na rozdíl od perceptronu neobsahuje aktivační funkci. Hodnoty vstupů a výstupů tedy mohou nabývat libovolných hodnot. Ačkoli takto jednoduchý prvek nemůže být použit pro složitější aplikace, a to ani při jeho vícečetném seskupení – tzv. Madaline (many Adalines), byl Adaline např. úspěšně použit při adaptivním potlačení šumu (potlačení signálu vzniklého interferencí měřitelného šumu a prvotního signálu). Mezi tyto aplikace patří potlačení šumu u EKG, eliminace echa v telefonním vedení nebo potlačení interferencí z postranních pásem antén.
- *Neuronové sítě s radiální bází*. Tento typ sítě může být využit, podobně jako perceptronové sítě, v oblasti modelování, identifikace a řízení systémů. Ve srovnání s perceptronovými sítěmi mají lepší aproximační vlastnosti. Jejich architektura je vždy dvouvrstvá a ve skryté vrstvě se využívají aktivační funkce radiálního základu, případně jejich další alternativní obměny. Počet neuronů ve skryté vrstvě radiální sítě je navržen v závislosti na algoritmu trénování. Přes některé význačné vlastnosti tohoto typu neuronové sítě se častěji v oblasti modelování a řízení systémů setkáváme s využitím perceptronových sítí.
- *Kohonenova síť* (Kohonenova samoorganizační mapa, SOM, SOFM). Tento typ sítě patří mezi sítě, které nepotřebují k učení učitele. Kohonenova síť se snaží aproximovat pravděpodobnostní rozdělení v předkládaných trénovacích datech. Tento typ sítě se používá zejména k vytváření dvourozměrných (ale i vícerozměrných) map, které odrážejí data na vstupech sítě. Kohonenova síť je tedy užitečná při vytváření dvourozměrné vizualizace n-rozměrných dat.
- *Rekurentní síť*. Tyto sítě se od předchozích liší z hlediska architektury v tom smyslu, že spoje mezi neurony vytváří cyklickou síť. Tato skutečnost vyžaduje odlišný přístup k těmto sítím při analýze jejich chování a také při učení těchto sítí. Zatímco v dopředných sítích data postupují sítí směrem od vstupní k výstupní vrstvě, v rekurentních sítích se situace mění a data postupují i opačným směrem. Každý neuron je tedy zároveň vstupní i výstupní. V oblasti identifikace a řízení nejsou rekurentní sítě často využívány. Většinou se využívají v oblasti rozpoznávání vzorů, asociativní paměti a optimalizačních úloh. Rekurence může být zavedena různými způsoby, proto v současné době existuje řada modifikací tohoto druhu sítě. Zde jsou vyjmenovány alespoň některé z nich:
 - Jednoduchá rekurentní síť.
 - Hopfieldova síť.
 - Elmanova síť.

- *Pravděpodobnostní neuronové sítě.* Na rozdíl od standardních metod nepředpokládá pravděpodobnostní přístup k neuronovým sítím a priori žádný model neuronu. Problém návrhu pravděpodobnostní neuronové sítě je formulován jako jedno z možných řešení obecného statistického rozhodovacího problému. Předmětem optimalizace pravděpodobnostních neuronových sítí není aproximace nějakých zadaných reálných výstupních funkcí v mnohazměrném prostoru, ale odhad neznámých podmíněných rozložení pravděpodobnosti.

Pravděpodobnostní neuronové sítě mohou být použity při řešení klasifikačních problémů.

- *Ostatní typy neuronových sítí.* Dále existuje poměrně početná skupina neuronových sítí, která svou architekturou nepatří do žádné předchozí kategorie. Jedná se například o tyto sítě:

- *Dynamické neuronové sítě* – nezabývají se pouze řešením úloh dříve uvedených typů, ale zohledňují také chování v závislosti na čase.

Dynamické neuronové sítě mají svou vnitřní paměť, lze je tedy úspěšně použít k učení sekvenčních vzorů nebo vzorů závislých na čase. Je možné je využít v různých oborech, např. pro předpovědi finančních trhů, předpověď chyb, rozeznávání hlasu apod.

- *Neuro-fuzzy sítě* – jedná se neuronovou síť, která zahrnuje fuzzy inferenční systém. Zahrnutí fuzzy systému do neuronové sítě přináší výhodu v podobě možnosti nalezení správných parametrů fuzzy systému s využitím učení neuronových sítí.

5.3.3 Vícevrstvá perceptronová síť

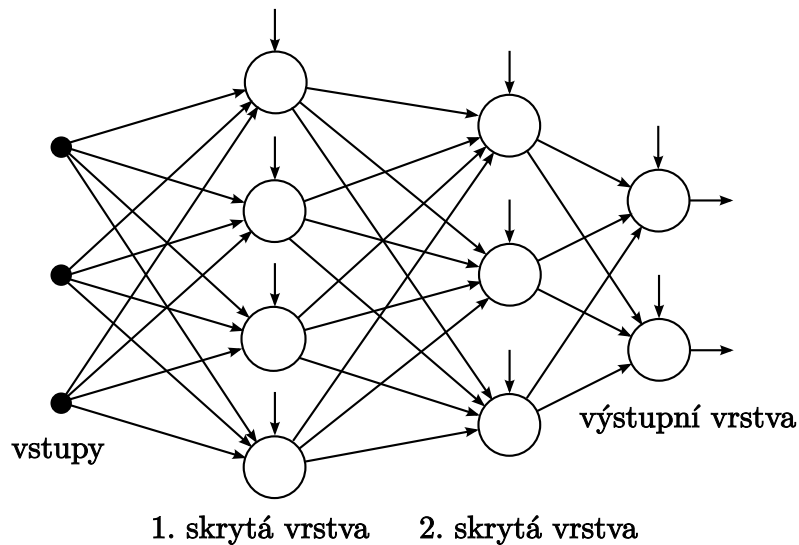
Vícevrstvá perceptronová síť patří mezi nejznámější a nejpoužívanější neuronové sítě. Vícevrstvá perceptronová síť je síť s učitelem, což znamená, že trénovací vzory musí kromě vstupních hodnot obsahovat i hodnoty příslušných odpovídajících výstupů. Příklad vícevrstvé neuronové sítě je uveden na obrázku 5.3, konkrétně jde o síť se dvěma skrytými vrstvami a jednou výstupní vrstvou.

Struktura sítě

Vícevrstvá perceptronová síť obsahuje z hlediska struktury neurony – perceptrony, které jsou mezi sebou propojeny tak, že vytváří vrstevnatou síť. Perceptron je speciálním případem formálního neuronu představujícího obecný výpočetní prvek všech neuronových sítí, u něhož je vnitřní potenciál počítán jako vážený součet vstupů (5.12). K dispozici je celá řada aktivačních funkcí (např. silně omezená aktivační funkce, symetrická silně omezená aktivační funkce, logsigmoidální aktivační funkce, tansigmoidální aktivační funkce, lineární aktivační funkce apod.), přičemž nejvíce používanou aktivační funkcí je *logsigmoidální aktivační funkce* (parametr λ určuje míru změnu nárůstu sigmoidy v okolí počátku a většinou bývá stejný v rámci celé sítě – jeho hodnota se obvykle pohybuje blízko jedné) (5.13).

$$\xi = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i + \theta = \sum_{i=0}^n w_i \cdot x_i \quad (5.12)$$

$$f(\xi) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda \cdot \xi}} \quad (5.13)$$



Obrázek 5.3: Příklad uspořádání třívrstvé perceptronové sítě se třemi vstupy a dvěma výstupy. Zdroj: [44].

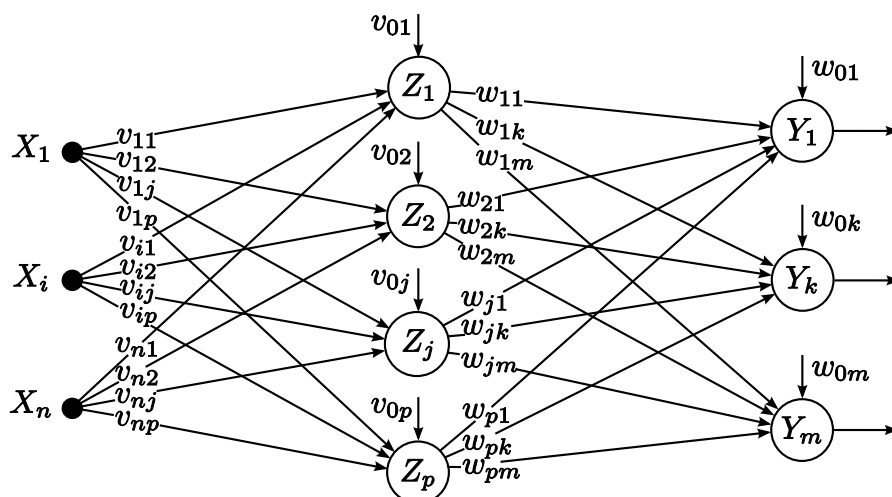
Jak již bylo uvedeno, vícevrstvá perceptronová síť se skládá z několika vrstev perceptronů, přičemž jsou tyto perceptrony jednotlivých sousedících vrstev mezi sebou vzájemně propojeny tak, že tvoří úplný bipartitní graf, tj. výstup jednoho neuronu vrstvy je distribuován do vstupů všech perceptronů následující vrstvy. Stejným způsobem jsou distribuovány *vstupy* sítě k perceptronům první skryté vrstvy. Poslední vrstva perceptronů se nazývá *výstupní vrstva* (output layer), ostatní vrstvy neuronů se nazývají *skryté vrstvy* (hidden layers). Podobně perceptrony těchto vrstev se nazývají výstupní, popř. skryté. Počty vrstev i počty perceptronů v jednotlivých vrstvách jsou parametrem sítě a závisejí na konkrétní povaze úlohy. V praxi se odhadují na základě heuristik. Například pro perceptronovou síť se dvěma skrytými vrstvami a výstupní vrstvou se v první skryté vrstvě volí o něco více perceptronů, než je vstupů, a v druhé vrstvě se volí počet perceptronů jako aritmetický průměr počtu perceptronů v první skryté vrstvě a počtu výstupů.

Pokud je počet perceptronů malý, síť nedokáže postihnout všechny závislosti v trénovacích datech. Pokud je naopak počet perceptronů velký, zvyšuje se doba učení a navíc vlivem nadměrného počtu trénovacích dat má síť špatnou schopnost generalizace způsobenou tzv. *přeučení* (overfittingem).

Vícevrstvá perceptronová síť pracuje s reálnými čísly, což znamená, že všechny vstupy, výstupy, stavy, váhy i potenciály jsou obecně reálnými čísly. K tomu, aby síť správně fungovala, musí být vhodně nastaveny váhy sítě. Způsob jak nastavit tyto váhy je předmětem učení sítě. Vzhledem k tomu, že učení sítě využívá vybavovací fázi (dopředné šíření), nejprve bude popsáno vybavování a teprve poté učení.

Učení ve vícevrstvé perceptronové síti – metoda zpětného šíření (backpropagation)

Učící pravidlo pro vícevrstvou perceptronovou síť se nazývá *metoda zpětného šíření* (*backpropagation*) nebo se také používá název zobecněné delta pravidlo. Z důvodu vysvětlení učícího algoritmu je obrázek 5.3 rozšířen o další značení (toto rozšíření je uvedeno na obrázku 5.4), přičemž pro vysvětlení učícího algoritmu je uvažováno pouze s jednu skrytou vrstvou.



Obrázek 5.4: Příklad uspořádání neuronové sítě s jednou skrytou vrstvou. Zdroj: [21].

Legenda

Pro další vysvětlení metody zpětného šíření je zavedeno následující značení:

- x Vstupní vektor $x = (x_1, \dots, x_i, \dots, x_n)$.
- t Výstupní vektor $t = (t_1, \dots, t_k, \dots, t_m)$.
- δ_k Částečná váhová korekce pro spoje w_{jk} mezi skrytou a výstupní vrstvou vznikající z důvodu chyby zjištěné na výstupním neuronu Y_k .
- δ_j Částečná váhová korekce pro spoje v_{ij} mezi vstupy a skrytou vrstvou vznikající z důvodu chyby zjištěné na spojích mezi neurony ve výstupní vrstvě Y_k a neurony ve skryté vrstvě Z_j .
- α Parametr učení (rychlost učení). Tento parametr určuje délku kroku iterace.
- X_i Vstup neuronové sítě – u vstupních jednotek je jejich vstupní a výstupní signál totožný a je označen x_i .
- v_{0j} Práh neuronu ve skryté vrstvě (neuronu Z_j).
- Z_j Neuron ve skryté vrstvě. Hodnotu vstupního signálu pro Z_j lze vypočítat podle vztahu: $z_in_j = v_{0j} + \sum_{i=1}^n x_i \cdot v_{ij}$
Hodnotu výstupního signálu pro Z_j vypočítáme na základě uplatnění aktivační funkce na vstupní signál: $z_j = f(z_in_j)$.
- w_{0k} Práh neuronu ve výstupní vrstvě (neuronu Y_k).
- Y_k Neuron ve výstupní vrstvě. Hodnotu vstupního signálu pro Y_k lze vypočítat podle vztahu: $y_in_k = w_{0k} + \sum_{j=1}^m z_j \cdot w_{jk}$
Hodnotu výstupního signálu pro Y_k vypočítáme na základě uplatnění aktivační funkce na vstupní signál: $y_k = f(y_in_k)$.

Postup trénování sítě metodou zpětného šíření

Trénování sítě metodou zpětného šíření se skládá ze tří základních etap:

1. *Dopředné šíření trénovacího vzoru.* Během dopředného šíření každý vstup $X_1, \dots, X_i, \dots, X_n$ obdrží vstupní signál a předá jej každému neuronu $Z_1, \dots, Z_j, \dots, Z_p$ ve skryté vrstvě. Každý neuron ve skryté vrstvě na základě tohoto vstupu provede výpočet dle aktivační funkce a svůj výstup předá neuronu ve výstupní vrstvě. Každý neuron

ve výstupní vrstvě (Y_k) vypočte dle své aktivační funkce svůj výstup, čímž dochází k utváření odpovědi neuronové sítě na zadaný trénovací vzor.

2. *Zpětné šíření chyby.* Během trénování sítě každý neuron ve výstupní vrstvě (Y_k) provádí porovnání výstupu y_k (výpočet výstupů probíhá na základě aktivační funkce) s jeho požadovaným výstupem t_k . Účelem tohoto porovnání je zjištění skutečně chyby na neuronu ve výstupní vrstvě pro trénovací vzor. Na základě této chyby je vypočten parametr $\delta_k (k = 1, \dots, m)$, který slouží k distribuci chyby zjištěné na neuronu ve výstupní vrstvě Y_k zpět k neuronům v předchozí vrstvě (k neuronům ve skryté vrstvě, které jsou spojeny s neurony ve výstupní vrstvě – Y_k). Parametr δ_k také slouží k aktualizaci vah spojů mezi výstupní a skrytou vrstvou.

Podobným způsobem dochází k výpočtu parametru $\delta_j (j = 1, \dots, p)$ pro každý neuron ve skryté vrstvě (Z_j). V tomto případě není nutné šířit zjištěnou chybu až ke vstupům neuronové sítě, parametr δ_j je použit pouze k aktualizaci vah spojů mezi vstupy a skrytou vrstvou v neuronové síti.

3. *Upřesnění vah.* Po výpočtu všech parametrů δ jsou váhy všech vrstev přizpůsobeny současně. Přizpůsobení vah w_{jk} (mezi neuronem Z_j ve skryté vrstvě a neuronem ve výstupní vrstvě Y_k) je založeno na parametru δ_k a aktivační funkci z_j neuronu Z_j ve skryté vrstvě. Přizpůsobení váhy v_{ij} (mezi vstupem X_i a neuronem Z_j ve skryté vrstvě) je založeno na parametru δ_j a výstupním signálem x_i vstupů neuronové sítě.

Po dokončení trénování stačí pro další rutinní používání natrénované sítě využívat pouze etapu číslo 1 – dopředné šíření vzoru. Přestože je trénování sítě v některých případech časově poměrně náročná záležitost, naučená síť dokáže vyprodukovat výstup velmi rychle. V současné době je k dispozici celá řada variant algoritmu backpropagation, přičemž během vývoje tohoto algoritmu došlo ke zvýšení jeho rychlosti.

Algoritmizace postupu trénování neuronové sítě

Krok 0 Inicializace vah – nastavení na malá náhodná čísla

Krok 1 Dokud není konec algoritmu, prováděj *krok 2–9*

Krok 2 Pro každý trénovací vzor prováděj *krok 3–8*

Dopředné šíření trénovacího vzoru:

Krok 3 Každý vstup neuronové sítě ($X_i, i = 1, \dots, n$) obdrží vstupní signál x_i a tento signál je šířen do všech neuronů v další vrstvě (skrytá vrstva).

Krok 4 Každý neuron ve skryté vrstvě neuronové sítě ($Z_j, j = 1, \dots, p$) provede vážený součet svých vstupních signálů podle vztahu $z_in_j = v_{0j} + \sum_{i=1}^n x_i \cdot v_{ij}$ a aplikuje svou aktivační funkci k výpočtu svého výstupního signálu $z_j = f(z_in_j)$ a odesílá tento signál do všech neuronů v další vrstvě (výstupní vrstva).

Krok 5 Každý neuron ve výstupní vrstvě neuronové sítě ($Y_k, k = 1, \dots, m$) provede vážený součet svých vstupních signálů podle vztahu $y_in_k = w_{0k} + \sum_{j=1}^p z_j \cdot w_{jk}$ a aplikuje svou aktivační funkci k výpočtu svého výstupního signálu $y_k = f(y_in_k)$.

Zpětné šíření chyby:

Krok 6 Každý neuron ve výstupní vrstvě neuronové sítě ($Y_k, k = 1, \dots, m$) obdrží hodnotu očekávaného výstupu (t_k) pro vstupní tréninkový vzor (x_i) a je vypočtena chyba $\delta_k = (t_k - y_k) \cdot f'(y_{in_k})$, která je součástí výpočtu váhové korekce $\Delta w_{jk} = \alpha \cdot \delta_k \cdot z_j$. Rovněž proběhne výpočet korekce prahu neuronu $\Delta w_{0k} = \alpha \cdot \delta_k$ a předání vypočtené chyby δ_k do předchozí vrstvy neuronové sítě.

Krok 7 Pro každý neuron ve skryté vrstvě neuronové sítě ($Z_j, j = 1, \dots, p$) je vypočten vážený součet chyb jeho vstupů $\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m (\delta_k \cdot w_{jk})$. Vynásobením získaných hodnot derivací jejich aktivační funkce získáme informaci o chybě $\delta_j = \delta_{in_j} \cdot f'(z_{in_j})$, která je součástí výpočtu váhové korekce $\Delta v_{ij} = \alpha \cdot \delta_j \cdot x_i$. Rovněž proběhne výpočet korekce prahových hodnot neuronu $\Delta v_{0j} = \alpha \cdot \delta_j$.

Aktualizace vah a prahů:

Krok 8 Každý neuron ve výstupní vrstvě ($Y_k, k = 1, \dots, m$) aktualizuje své prahy a váhy na spojích ($j = 0, \dots, p$): $w_{jk}(new) = w_{jk}(old) + \Delta w_{jk}$. Současně každý neuron ve skryté vrstvě ($Z_j, j = 1, \dots, p$) aktualizuje své prahové hodnoty a váhy na svých spojeních ($i = 0, \dots, n$): $v_{ij}(new) = v_{ij}(old) + \Delta v_{ij}$.

Krok 9 Podmínka ukončení – pokud již nedochází ke změnám váhových hodnot nebo pokud již byl vykonán stanovený počet změn vah.

Epocha je jeden cyklus, při němž dojde k průchodu celé množiny tréninkových vzorů. K natrénování neuronové sítě je standardně potřeba projít mnoho trénovacích epoch.

5.4 Další metody využitelné při řešení problémů souvisejících se simulací provozu osobních železničních stanic

Kromě již uvedených metod, které je možné využít pro řešení rozhodovacích úloh v simulačních modelech osobních železničních stanic je také možné využít jiných přístupů mezi něž patří:

- *Petriho síť*. Petriho síť jsou jednou z několika matematických prostředků vhodných k popisu souběžně probíhajících dějů v rámci distribuovaných, paralelních a nedeterministických systémů. Petriho síť vznikly rozšířením modelovacích schopností konečných automatů.

Za datum jejich vzniku je považován rok 1962, kdy německý matematik C. A. Petri zavedl ve své doktorské práci nové koncepty popisu vzájemné závislosti mezi podmínkami a událostmi modelovaného systému.

Petriho síť jsou speciálním druhem ohodnoceného orientovaného grafu se dvěma typy uzlů: místy (places) a přechody (transitions). Umožňují sledovat dynamiku (evoluci)

měnicích se výskytů tzv. značek v místech. V dopravních a procesech je lze využívat např. k řešení konfliktních situací a k synchronizaci asynchronních procesů.

Základními pojmy popisu změny v modelovaném systému jsou stav a přechod mezi stavy. Globální stav lze rozdělit na dílčí stavy, které jsou často podmíněny určitými podmínkami. Spojením těchto podmínek s událostmi v systému vzniká popis diskrétního systému Petriho sítí.

- *Vnořená simulace.* Tato metoda je založena na koncepci pozastavení tzv. hlavní simulace (v aktuálním okamžiku simulačního času t_0) a postupném vyhodnocování odlišných variant řešení na základě provádění vnořených simulací v definovaném intervalu simulačního času $\langle t_0, t_x \rangle$, $t_x > t_0$, přičemž hlavní simulace po té pokračuje podle nejlepší z variant realizovaných v rámci vnořených simulací [37].
- *Metody operačního výzkumu.* V operačním výzkumu se používá řada matematických disciplín, které se zabývají řešením optimalizačních úloh. Jde o nalezení extrému daného kritéria (optimální varianty) na množině všech možných řešení. Přitom platí omezující podmínky, jakými jsou ekonomická či jiná kritéria vyjádřená soustavou rovnic či nerovnic. Mezi základní disciplíny operačního výzkumu patří teorie grafů, matematické programování, teorie zásob, teorie hromadné obsluhy, lokalizační modely, modely obnovy a údržby a teorie her.

Vybrané metody lze rovněž využít k rozhodování v rámci simulačních modelů dopravních systémů, některé metody operačního výzkumu jsou naopak z hlediska uplatnění v simulačních modelech (zejména s požadavkem na výpočet v reálném čase) problematické z důvodu výpočetní náročnosti. Příkladem z této oblasti může být publikace [28].

6 Vybrané problémy osobních železničních stanic a jejich řešení v simulačním modelu

Simulační modely osobních železničních stanic zahrnují poměrně širokou škálu rozhodovacích úloh, které jsou zaměřeny na rozhodování o:

- Výběru specifického zdroje pro přidělení danému žadateli/zákazníkovi, tj. v konkrétní situaci je nutné rozhodnout o přidělení koleje (případně jízdní cesty), obslužného personálu nebo lokomotivy (vlakové nebo posunovací) danému vlaku nebo vlakové soupravě – přidělování zdrojů lze principiálně uskutečňovat podle předem stanoveného plánu [1] nebo o něm rozhodovat operativně (zejména při uplatňování náhodných vlivů).
- Výběru specifického zákazníka/žadatele, jehož požadavek bude uspokojen, tj. v tomto případě jsou vyhodnocovány priority potenciálně většího počtu zákazníků (např. z fronty čekatelů na zdroj – kolej, lokomotivu apod.) vzhledem k jejich požadavku daného typu, přičemž uspokojen je zákazník s nejvyšší prioritou.
- Jiných provozních problémech, které jsou spojeny například s výběrem vhodného technologického postupu obsluhy dle aktuální potřeby zákazníka (vlaku), s povolením k odjezdu přípojného vlaku vzhledem k aktuálnímu vývoji zpoždění příslušného vlaku na příjezdu do stanice apod.

V osobních železničních stanicích se často vyskytují situace, které každý cestující dobře zná. Vlak je zpožděn a přijíždí do stanice později než je jeho pravidelný čas příjezdu. Tím dochází k odchylkám od plánu železniční dopravy, které si mohou vynutit vznik dalších odchylek v provozu stanice.

Ve větších stanicích většinou čekají na zpožděný přijíždějící vlak přípojné vlaky. V souvislosti s těmito situacemi vzniká otázka, zda a jak dlouho mají tyto přípojné vlaky čekat na zpožděný vlak.

Dalším problémem je změna plánu obsluhy vlaků ve stanici, zejména se jedná o plán obsazení kolejí, plán přidělení obslužného personálu a případně i plán přidělení dalších technických zařízení nutných pro obsluhu vlaku ve stanici.

Železniční společnosti mají vypracované pomůcky pro řešení uvedených problémů. V realitě jsou pomůcky uplatňovány dispečery. Pokud existuje požadavek na aplikaci těchto pomůcek i při počítačové simulaci osobních železničních stanic, je nutné rozhodnutí reálného dispečera nahradit algoritmy, případně metodami umělé inteligence.

Nahrazení reálného rozhodnutí dispečera algoritmy (případně metodami umělé inteligence) je primární motivací této kapitoly. Komplexní rozhodovací problém, který se vyskytuje v reálném provozu, je výhodné dekomponovat na tyto dílčí podproblémy:

1. Rozhodovací problém čekání přípojného vlaku na zpožděný přijíždějící vlak a určení čekací doby odjíždějícího přípojného vlaku.
2. Rozhodovací problém určení nástupištní koleje pro přijíždějící zpožděný vlak, je-li jeho pravidelná kolej u nástupiště obsazena jiným vlakem, případně je výhodnější takovému vlaku přidělit jinou kolej (hlediska pro výhodnější přidělení koleje budou uvedena v další části této kapitoly).
3. Definování dalších změn v plánu (změna přidělení lokomotivy, změna složení soupravy, změna v přidělení obslužného personálu apod.).

V této práci bude věnována pozornost zejména problematice čekání přípojného vlaku na zpožděný příjíždějící vlak a problematice určení nástupištní koleje pro příjíždějící zpožděný vlak. Uvedu zde tedy vlastní možná řešení rozhodovacích problémů uvedených v bodech 1 a 2.

6.1 Přehled simulátorů osobních železničních stanic

Pro oblast simulace železničního provozu existuje celá řada simulačních nástrojů. Jednotlivé softwarové produkty jsou svým charakterem a účelem použití odlišné. Cílem této kapitoly není uvést úplný přehled dostupných simulačních nástrojů, ale poukázat na nejpoužívanější softwarové produkty a možnosti jejich použití při plánování provozu, případně infrastruktury osobních železničních stanic.

6.1.1 Villon

Villon [4] je univerzální nástroj pro detailní simulaci technologických procesů v dopravních a logistických uzlech. Umožňuje vytvořit model existujícího nebo navrhovaného systému seřaďovacích stanic, osobních železničních stanic, podnikových vleček, kontejnerových terminálů apod. Nástroj také umožňuje návrh, ověření a případnou optimalizaci technologických procesů. V průběhu simulace nástroj poskytuje animaci pohybů dopravních prostředků.

Villon sám však neposkytuje automaticky optimální řešení komplexních problémů. Představuje experimentální prostředí, ve kterém je možné zkoumat důsledky realizace různých variant konfigurace infrastruktury, technologických procesů, řídicího podsystému modelovaného uzlu apod.

Práci s nástrojem Villon je možné rozdělit na tyto základní etapy:

- Sběr, zpracování a analýza dat o železniční stanici.
- Výstavba modelu infrastruktury.
- Výstavba dynamického modelu provozu, který odráží provozní charakteristiky daného typu uzlu.
- Provádění experimentů se simulačním modelem, kdy lze měnit jednotlivá vstupní data (charakterizující infrastrukturu, různé varianty grafikonu vlakové dopravy, intenzity vstupních proudů do modelu, technologické procesy, řídicí strategie apod.).
- Analýza výsledků experimentů, které simulační model produkuje.

Je zřejmé, že v průběhu simulačního experimentu není možné postřehnout všechny aspekty chování simulovaného systému, proto Villon nabízí možnost uložení průběhu simulačního pokusu do simulačního protokolu, který potom slouží jako zdroj dat pro post-simulační vyhodnocení výsledků pokusu. Villon poskytuje uživateli sadu nástrojů na statistické vyhodnocení dat uložených v protokolu, nabízí možnost tvorby grafických plánů činnosti zdrojů, obsazenosti infrastruktury apod.

6.1.2 RASIM

RASIM [59] je nástroj pro analýzu a plánování provozních scénářů a infrastruktury, zejména pro obvody, kde dochází k posunu a třídění vlaků nákladní dopravy. Prověření různých alternativ provozu se týká zejména dostupnosti a počtu zdrojů obsluhy, tedy posunovacích

lokomotiv, zaměstnanců a infrastruktury. Simulační systém RASIM umožňuje vizualizaci, analýzu a optimalizaci provozu v rámci obvodů kde dochází k posunu. Výstupem může být analýza a animace provozu, využití kolejí, informace o provozu, případně i provozní náklady. Při porovnání s Villonem se jedná o produkt, který nenabízí možnost vytvoření tak detailní simulační studie, infrastruktura není v měřítku apod.

6.1.3 Railsys

Railsys [54] je nástroj pro analýzu, plánování a optimalizaci dopravních procesů a zařízení zkoumané dopravní sítě. Dopravní procesy jsou v průběhu výpočtu zobrazovány na monitoru počítače a v rámci tohoto nástroje je možné zkoumání jak celého systému, tak i lokálních procesů. Railsys umožňuje účinné využití díky této posloupnosti kroků:

- zpracování provozních dat,
- zpracování plánů,
- zobrazení okamžitých a konečných výsledků.

Railsys je ideální nástroj pro iterativní plánovací proces, přičemž umožňuje zobrazení (výstup) provozních dat, okamžitých a konečných výsledků, ověření pravděpodobných scénářů a na základě dosažených výsledků aktualizaci (úpravu) specifikací nebo provozních dat. Railsys je vhodný zejména pro konstrukci, modelování a ověřování jízdních řádů, výpočet jízdních dob, plánování kapacity, plánování infrastruktury a určení strategie v případě zpoždění a jiných odchylek v provozu.

6.1.4 OpenTrack

OpenTrack [50] je simulačním nástrojem, který je využíván pro:

- určování kapacity železniční infrastruktury (železničních tratí i železničních stanic),
- testování navrhovaných jízdních řádů,
- ověření nasazení různých typů zabezpečovacího zařízení,
- výpočet energetické náročnosti jízdy vlaků.

Tento simulační nástroj, z hlediska samotné jeho koncepce, neumožňuje vytvoření tak detailního simulačního modelu osobní železniční stanice jako simulační nástroj Villon.

6.2 Aktuální stav řešení vybraných problémů v simulačních modelech

V současné době nejsou výše uvedené problémy v rámci simulačních modelů uspokojivě vyřešeny. Při simulaci příjezdu zpožděného vlaku do osobní stanice v aktuálně používaných simulačních nástrojích nelze, v závislosti na výši zpoždění příjíždějícího vlaku, naplánovat čas odjezdu přípojných vlaků.

Přidělování kolejí v osobních železničních stanicích je vždy řešeno pouze v souvislosti s plánováním grafikonu vlakové dopravy. Tento problém je většinou řešen pro velká osobní

nádraží, kde je nutné ověřit, že nebude docházet ke konfliktům mezi vlaky při běžném provozu jak na kolejích u nástupiště, tak také v prostoru zhlaví. Této problematice se věnují publikace [12] a [9]. U těchto řešení je ale vždy uvažováno (tak jak je obvyklé při tvorbě plánů) s příjezdy vlaků v souladu s plánovanými časy.

Poměrně malá pozornost byla v minulosti věnována přiřazování kolejí vlakům v případě jejich příjezdu se zpožděním. Tento problém byl v literatuře [28] řešen s využitím celočíselného programování a bere v úvahu nepříjemnosti související s přidělením uvažované koleje. Účelová funkce je složena ze tří kritérií, která zohledňují různé náklady, přičemž cílem řešení je minimalizace nákladů. Uvažovanými kritérii jsou:

1. získané zpoždění příjezdějícího vlaku u návěstidla, které předchází nástupištěm,
2. přidělení kolejí, které jsou jiné než koleje preferované,
3. změny v přidělení koleje vykonané během posledních minut před příjezdem vlaku.

Výpočty uvedené ve zmíněné publikaci trvají poměrně dlouhou dobu (vzhledem k potřebám simulačního modelu s animací).

V simulačních modelech osobních železničních stanic při zahrnutí příjezdu zpožděných vlaků vzniká problém s přidělením nástupištní koleje a to v těch situacích, kdy je původně plánovaná kolej obsazena jiným vlakem. V simulačních modelech se dosud tato situace řeší iterativní formou, což představuje:

1. vykonání simulačního výpočtu,
2. analýzu vzniklých konfliktů,
3. úpravu parametrů simulačního modelu tak, aby již k takovým konfliktům nedocházelo.

Tento způsob řešení konfliktů byl použit např. u simulační studie provozu žst. Praha Masarykovo nádraží [31] [32], kde bylo uvažováno s příjezdy zpožděných vlaků v podstatě ze všech směrů. Tento proces není pro tvůrce simulačního nijak příjemnou záležitostí, protože po úpravě parametrů (vyřešení jednoho konfliktu) mohou vznikat opět jiné konflikty, které se v simulačním modelu původně nevyskytovaly.

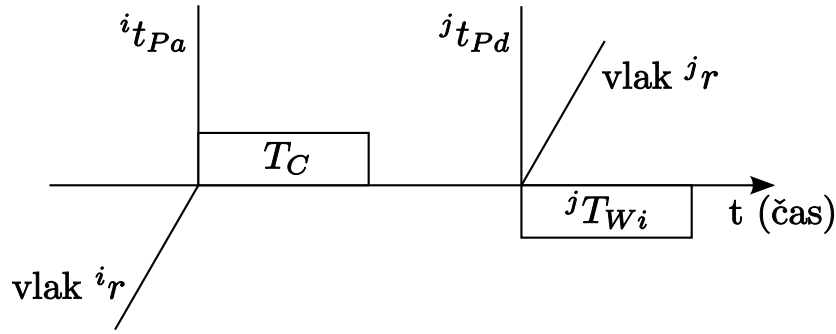
Z výše uvedeného textu je patrné, že tato oblast není uspokojivě řešena. Cílem dalších kapitol je analyzovat uvedené problémy z pohledu simulačního modelu osobní železniční stanice a přispět k lepšímu stavu v této oblasti.

6.3 Rozhodování o čekání přípojného vlaku na příjezdějící zpožděný vlak

Řešení problematiky čekání odjíždějícího vlaku na přípojný vlak je v praxi postihnuto v provozních předpisech, na jejichž základě jsem navrhl a ověřil metodiku a algoritmus pro aplikaci v rámci simulačních modelů osobních železničních stanic.

Pro modelování tohoto problému je nutné si nejprve zavést následující značení:

- příjezdějící zpožděný vlak – ${}^i r$,
- plánovaný příjezd příjezdějícího vlaku k nástupišti – ${}^i t_{Pa}$,



Obrázek 6.1: Vztah mezi přijíždějícím a přípojným vlakem bez zpoždění. Zdroj: vlastní.

- skutečný příjezd zpožděného vlaku ${}^i r$ k nástupišti $- {}^i t_{Ra}$,
- odjíždějící přípojný vlak $- {}^j r$,
- plánovaný čas odjezdu přípojného vlaku $- {}^j t_{Pd}$,
- skutečný čas odjezdu přípojného vlaku $- {}^j t_{Rd}$.

Rozdíl mezi skutečnými a plánovanými časy tvoří doby zpoždění:

- zpoždění přijíždějícího vlaku $- {}^i T_D = {}^i t_{Ra} - {}^i t_{Pa}$,
- zpoždění odjíždějícího vlaku $- {}^j T_D = {}^j t_{Rd} - {}^j t_{Pd}$.

Dále je nutné definovat:

- přestupní dobu pro cestující mezi vlaky ${}^i r$ a ${}^j r - T_C$, tato doba je stanovena individuálně pro každou stanici,
- maximální čekací dobu vlaku ${}^j r$ na zpožděný vlak ${}^i r - {}^j T_{Wi}$.

Pokud vlak ${}^j r$ čeká na vlak ${}^i r$, platí vztah (6.1).

$${}^j t_{Rd} \geq {}^i t_{Ra} + T_C \quad (6.1)$$

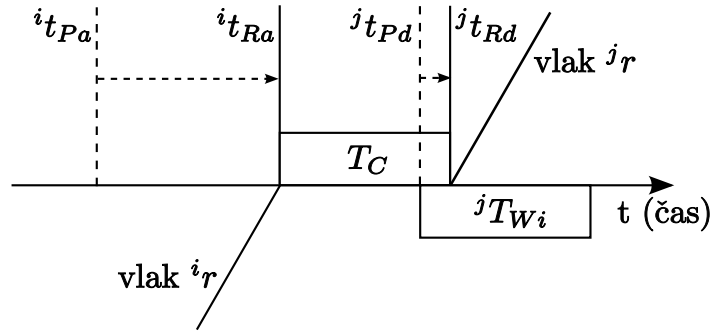
Obrázek 6.1 ilustruje vztahy mezi uvedenými charakteristikami v případech, kdy nevznikají žádné odchylky od jízdního řádu. Horizontální přímka představuje plynutí času, polopřímky pod určitým úhlem představují jízdu vlaku ${}^i r$, resp. vlak ${}^j r$. Vertikální polopřímky představují časové údaje. Místo, v němž polopřímka vlaku ${}^i r$ (vlaku ${}^j r$) protíná přímku času, představuje čas příjezdu (odjezdu) vlaku ${}^i r$ (vlaku ${}^j r$).

Doba mezi příjezdem vlaku ${}^i r$ (někdy též bývá označován jako *první vlak*) a odjezdem vlaku ${}^j r$ (někdy označován jako *druhý vlak*) musí být dostatečně dlouhá pro přestup cestujících mezi vlaky v rámci vyhrazené přestupní doby T_C .

Na obrázku 6.2 je znázorněna stejná situace jako na předchozím obrázku, pouze s tím rozdílem, že došlo ke zpoždění přijíždějícího vlaku ${}^i r$. Toto zpoždění má samozřejmě vliv na přípojný vlak. Plánované časové údaje jsou, na rozdíl od časových údajů reálných, vyznačeny přerušovaným stylem čar.

Pokud zpožděný přijíždějící vlak přijede po čase pravidelného odjezdu a zároveň před koncem čekací doby ${}^j T_{Wi}$, skutečný čas odjezdu přípojného vlaku lze vypočítat pomocí tohoto vztahu:

$${}^j t_{Rd} = \max\{{}^j t_{Pd}; {}^i t_{Ra} + T_C\} \quad (6.2)$$



Obrázek 6.2: Vztah mezi zpožděným příjezdějším vlakem a přípojným vlakem. Zdroj: vlastní.

Jestliže je příjezdějí vlak zpožděn tak, že přijede až po čase ${}^j t_{Rd}$, přípojný vlak na tento příjezdějí vlak nečeká a může odjet v čase svého pravidelného odjezdu ${}^j t_{Pd}$.

Jsou ale určité situace, kdy přípojný vlak musí čekat i nad rámec stanovené čekací doby. Těmito situacím se věnuje následující kapitola.

6.3.1 Předpisy

Železniční společnosti stanovují předpisy pro dispečery, které se zabývají řešením situací vznikajících při zpoždění vlaků osobní dopravy. Metodika popsaná v této kapitole je uplatňována u českých a slovenských železničních společnostech. Případnou modifikací pro podmínky u jiných železničních společnostech by ji bylo možné uplatnit kdekoli ve světě.

Předpisy se zabývají těmito záležitostmi:

- *Přestupní dobou pro cestující.* Přestupní doba T_C je odvozena od uspořádání a velikosti železniční stanice. V menších stanicích je uvedena pouze jedna hodnota přestupní doby. Ve větších stanicích s nástupišti a podchody se obvykle jedná o více než jednu hodnotu pro zohlednění:
 - nutnosti využití podchodu při přestupu,
 - překonané vzdálenosti při přestupu mezi přípojnými vlaky.
- *Čekací dobou přípojných vlaků.* Čekací doba ${}^j T_{Wi}$ vyjadřuje, jak dlouho má přípojný vlak ${}^j r$ čekat na zpožděný (první) vlak ${}^i r$. Tato doba je specifická pro danou stanici a neobsahuje již dříve uvedenou dobu T_C pro přestup cestujících. To znamená, že přípojný vlak může být na odjezdu ve skutečnosti zpožděný více než je jeho čekací doba, což lze vyjádřit tímto vztahem:

$${}^j t_{Rd} \geq {}^j t_{Pd} + {}^j T_{Wi} \quad (6.3)$$

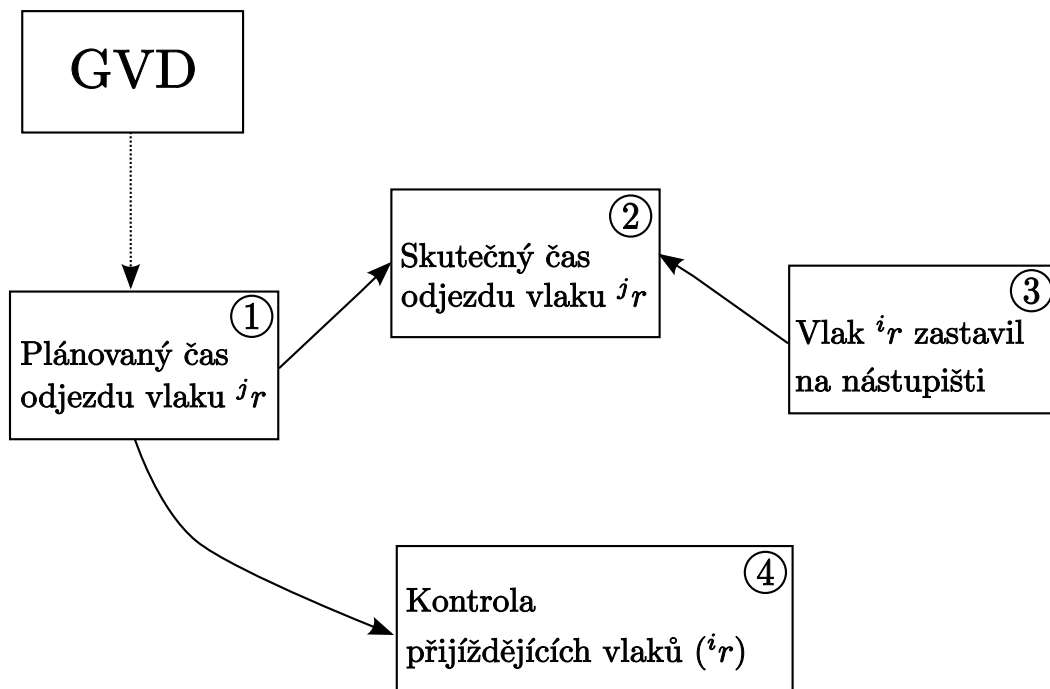
Pro každý odjíždějí vlak v dané stanici je stanovena buď *základní* nebo *odlišná* čekací doba. Základní čekací doba je určena pro každou dvojici vlaků podle jejich kategorií. Pokud mají konkrétní dvojice vlaků určené odlišné čekací doby, postupuje se podle nich.

- *Případy, kdy má přípojný vlak ${}^j r$ čekat na zpožděný příjezdějí vlak určitě.* V tomto případě se jedná o situace, kdy přípojný vlak musí čekat na zpožděný vlak ${}^i r$ nad rámec čekací doby:

1. Vlak i_r přijel před plánovaným odjezdem vlaku j_r , tzn. ${}^i t_{Ra} \leq {}^j t_{Pd}$.
2. Vlak i_r přijel před koncem čekací doby vlaku j_r , tzn. ${}^i t_{Ra} \leq {}^j t_{Pd} + {}^j T_{Wi}$.
3. Vlak i_r se nachází v okamžiku ukončení čekací doby přípojného vlaku j_r mezi vjezdovým nebo posledním cestovým návěstidlem a nástupištěm. Jestliže byl navíc příjíždějící vlak zadržen u vjezdového nebo cestového návěstidla, prodlouží se přípojnému vlaku čekací doba až o 5 minut a cestujícím se umožní přestup.
4. Je-li v pomůcce ke Grafikonu vlakové dopravy (GVD) u přípojného vlaku uvedeno „určitě“, přípojný vlak má čekací dobu v podstatě neomezenou a na zpožděný vlak počká. V případech, kdy je zpoždění příjíždějícího vlaku natolik velké, že je z časového hlediska výhodnější cestující jedoucí zpožděným vlakem odbavit následujícím přípojným vlakem, tak toto pravidlo neplatí (může se jednat o krizové, kalamitní nebo jiné podobné případy).

6.3.2 Využití metody plánování událostí

Na základě představených pravidel jsem sestavil událostně orientovaný model založený na metodě plánování událostí. Na obrázku 6.3 je znázorněn diagram plánování událostí, který sestaven ze čtyř událostí a vzájemných plánovacích vazeb mezi nimi. Posláním tohoto diagramu není postihnout logiku zpracování jednotlivých událostí, tento diagram pouze dokumentuje závislosti mezi jednotlivými událostmi. Výskyty událostí číslo 1, 2 a 4 jsou časově naplánovány, v případě události číslo 3 jde o podmínkovou událost (její výskyt je určen nikoliv plánováním, ale splněním aktivační podmínky). Vazby mezi jednotlivými událostmi jsou naznačeny orientovanými hranami (orientované hrany lze obecně označit jako uspořádané dvojice $[x, y]$), které signalizují (ve směru orientované hrany), že zpracování události x naplánuje událost y .



Obrázek 6.3: Událostně orientovaný model čekání přípojného vlaku na zpožděný příjíždějící vlak. Zdroj: vlastní.

Událost č. 1 je naplánovaná v simulačním modelu podsystémem, který zpracovává Grafikon vlakové dopravy (GVD). Na základě vyhodnocení včasného příjezdu všech přípojných vlaků v čase odjezdu vlaku ${}^j r$ je naplánován skutečný odjezd vlaku ${}^j r$ (událost 2) nebo kontrola příjíždějících vlaků (událost 4). Obdobným způsobem dochází ke zpracování i dalších událostí.

Událost 1

K výskytu události 1 dojde v okamžiku plánovaného odjezdu vlaku ${}^j r$ podle jízdního řádu a algoritmus v tomto čase zkontroluje všechny přípojné vlaky odjíždějícího vlaku ${}^j r$. Pokud všechny přípoje přijely před plánovaným odjezdem vlaku ${}^j r$, je možné naplánovat událost 2 – skutečný čas odjezdu čekajícího vlaku ${}^j r$. Skutečný čas odjezdu může být totožný s časem plánovaného odjezdu nebo může nastat až po plánovaném čase odjezdu přípojného vlaku. Tento případ nastává za předpokladu příjezdu některého z přípojných vlaků natolik zpožděného, že nebylo možné ukončit přestupní dobu T_C do pravidelného času odjezdu vlaku ${}^j r$. Naplánování události odjezdu vlaku je znázorněno orientovanou hranou mezi událostmi číslo 1 a 2.

Pokud všechny přípojné vlaky nepřijely do času pravidelného odjezdu vlaku ${}^j r$, zpracování události číslo 1 musí (na základě pravidel uplatňovaných na železnici) rozhodnout, zda má přípojný vlak ${}^j r$ čekat na zpožděné příjíždějící vlaky či nikoliv. Pokud alespoň jeden vlak přijede v rámci čekací doby ${}^j T_{Wi}$ vlaku ${}^j r$, je naplánována událost číslo 4 – kontrola příjíždějících vlaků na čas ${}^j t_{Pd} + {}^j T_{Wi}$. Tato situace je v obrázku znázorněna orientovanou hranou mezi událostmi 1 a 4.

Pokud jsou všechny vlaky (na které čeká odjíždějící vlak) natolik zpožděné, že předpisy neumožňují přípojnému vlaku čekat, vlak ${}^j r$ může odjet od nástupiště v čase plánovaného odjezdu. Tato situace je znázorněna v obrázku naplánováním události číslo 2.

Událost 2

Výskyt této události indikuje simulačním modelů situaci, kdy odjíždějící vlak může odjet od nástupiště v okamžiku výskytu této události.

Událost 3

Podmínková událost 3 reprezentuje situaci, kdy vlak ${}^i r$ právě přijel k nástupišti. Algoritmus musí zkontrolovat jestli na vlak, který právě přijel, nečeká některý z přípojných vlaků ${}^j r$. Pokud na tento příjíždějící vlak čeká některý přípojný vlak, předpokládaný čas odjezdu přípojného vlaku musí respektovat vztah:

$${}^j t_{Rd} \geq {}^i t_{Ra} + T_C \quad (6.4)$$

V takovém případě je čas odjezdu vlaku ${}^j r$ naplánován na čas ${}^j t_{Rd}$ – naplánováním události 2 (přípojných vlaků může být několik a v takovém případě událost 3 naplánuje odjezd i více přípojným vlakům).

Událost 4

Událost 4 je naplánována v případě, kdy bylo při zpracování události 1 pozitivně vyhodnoceno čekání vlaku ${}^j r$ na zpožděný příjíždějící vlak ${}^i r$. Tato událost se v takovém případě vyskytne v čase ${}^j t_{Pd} + {}^j T_{Wi}$, tzn. na konci čekací doby odjíždějícího vlaku.

Při zpracování této události algoritmus kontroluje aktuální polohu všech vlaků ${}^i r$, na které čeká odjíždějící vlak (pokud tento již neodjel). V závislosti na situaci a pravidlech z předpisů algoritmus v tomto okamžiku rozhodne, zda se v simulačním modelu nachází nějaký vlak, na který by měl odjíždějící vlak počkat vzhledem ke stanovené čekací době či nikoliv. Pokud ano, čekání na příjezd takového vlaku pokračuje a není naplánována žádná jiná událost. Pokud algoritmus vyhodnotí, že není možné dále čekat na příjezd vlaku, čekající vlak odjíždí okamžitě v čase ${}^j t_{Rd} = {}^j t_{Pd} + {}^j T_{Wi}$.

Algoritmizace logiky zpracování událostí spojených s problematikou čekání odjíždějícího vlaku na příjezd vlaku

V další části následuje algoritmus zpracování pro jednotlivé výše uvedené události.

Legenda:

R	množina všech vlaků
$C({}^j r) \subset R$	množina všech přípojných vlaků (dle GVD) k vlaku ${}^j r$: $\forall {}^k r \in C({}^j r)$, ${}^j r$ potenciálně čeká ve stanici na příjezd ${}^k r$
$E({}^j r) \subset R$	množina zbývajících přípojných vlaků (těch, které dosud nepřijely) k vlaku ${}^j r$ – inicializační konstrukce množiny je následující: $E({}^j r) := C({}^j r)$. Postupně jak vlaky přijíždějí nebo na ně přípojné vlaky nečekají, tak se mohutnost množiny $E({}^j r)$ zmenšuje (příslušné prvky z této množiny jsou odebírány).
P	množina nástupištních kolejí
T_{Ckl}	přestupní doba mezi kolejemi P_k a P_l
T_{Ws}	maximální doba, o kterou může čekat přípojný vlak déle za předpokladu že přijíždějící vlak bude stát u vjezdového nebo libovolného cestového návestidla (u ČD je stanovena na 5 minut)
Q	fronta vlaků, které čekají u návestidla
R_l	množina vlaků, které již odjely od nástupiště
t_{act}	aktuální simulační čas
s^h	vjezdové návestidlo
s^{lr}	cestové návestidlo, které je nejbližší nástupišti

Údaje týkající se vlaků:

${}^i t_{Rs}^h$	čas skutečného příjezdu vlaku ${}^i r$ k vjezdovému návěstidlu s^h
${}^i t_{Rs}^{lr}$	čas skutečného příjezdu vlaku ${}^i r$ k cestovému návěstidlu s^{lr} , které je nejbliže k nástupišti
${}^i t_{Rds}^{lr}$	čas skutečného odjezdu vlaku ${}^i r$ od cestového návěstidla s^{lr} , které je nejbliže k nástupišti
${}^i t_{Rp}$	čas skutečného příjezdu vlaku ${}^i r$ k nástupišti
${}^j t_{Pd}$	čas plánovaného odjezdu vlaku ${}^j r$ od nástupiště
${}^j t_{Rd}$	čas skutečného odjezdu vlaku ${}^j r$ od nástupiště; ${}^j t_{Rd}$ může nabývat hodnoty Q – velká hodnota odpovídají nekonečnu
${}^j T_{Wi}$	čekačí doba vlaku ${}^j r$ na vlak ${}^i r$; ${}^j T_{Wi}$ může nabývat hodnoty N – vlak nečeká na přípoje
${}^j t_{Rdmax}$	nejpozdější časový okamžik, do kdy může vlak ${}^j r$ čekat na libovolný ze zpožděných přípojů vlaku ${}^i r$
$VlakMuzeOdjet$	pomocná proměnná typu <i>boolean</i>
${}^j t_{la}$	čas skutečného příjezdu posledního přípojného vlaku k vlaku ${}^j r$
${}^j T_s^h{}^{lr}$	doba jízdy mezi vjezdovým návěstidlem s^h a posledním cestovým návěstidlem s^{lr}
${}^j T_s^h{}^{act}$	doba jízdy mezi vjezdovým návěstidlem s^h a aktuální polohou vlaku v obvodu stanice

Podprogramy

$Naplanuj(\text{název události, vlak, čas výskytu})$	naplánování události do budoucnosti, přičemž parametry tohoto podprogramu jsou: <i>název události</i> , která má být vykonána, <i>vlak</i> , jehož se vykonání podprogramu týká a <i>čas</i> , kdy má dojít k vykonání podprogramu
$VlakOdjizdiOdNastupiste(\text{vlak})$	vlak ihned odjíždí od nástupiště

Plánovaná událost 1 – pravidelný odjezd vlaku ${}^j r$

- 1: ${}^j t_{Rdmax} := 0$
- 2: **if** $(|E({}^j r)| = 0) \wedge (|C({}^j r)|) > 0$ **then**
- 3: ${}^j t_{Rd} := \max\{t_{act}; {}^j t_{la} + T_{Ckl}\}$
- 4: **if** ${}^j t_{Rd} > t_{act}$ **then**
- 5: $Naplanuj(\text{SkutecnyCasOdjezduVlaku}, r_j, {}^j t_{Rd})$
- 6: **else**
- 7: $VlakOdjizdiOdNastupiste({}^j r)$
- 8: **end if**
- 9: **else**
- 10: **for all** ${}^i r \in E({}^j r)$ **do**
- 11: **if** $({}^j T_{Wi} = N) \vee ({}^i t_{Rs}^h > t_{act} + {}^j T_{Wi})$ **then**
- 12: $E({}^j r) := E({}^j r) \setminus \{{}^i r\}$
- 13: ${}^j r_{Rd} := t_{act}$
- 14: **if** ${}^i t_{Rds}^{lr} < t_{act}$ **then**

```

15:       ${}^j t_{Rd} := Q$ 
16:    else
17:      if  $({}^i t_{Rds}^{lr} \leq t_{act}) \wedge ({}^i t_{Rds}^{lr} > t_{act})$  then
18:         ${}^j t_{Rd} := t_{act} + {}^j t_{Wi} + T_{Ws}$ 
19:      else
20:        if  $(t_{act} + {}^j T_{Ts}^h{}^s{}^{lr} - {}^j T_{Ts}^h{}^{act}) \leq t_{act} + {}^j t_{Wi} + T_{Ws}$  then
21:           ${}^j t_{Rd} := t_{act} + {}^j t_{Wi} + T_{Ws}$ 
22:        else
23:           $E({}^j r) := E({}^j r) \setminus \{{}^i r\}$ 
24:           ${}^j t_{Rd} := t_{act}$ 
25:        end if
26:      end if
27:    end if
28:  end if
29: end for
30: if  ${}^j t_{Rd} \geq {}^j t_{Rdmax}$  then
31:    ${}^j t_{Rdmax} := {}^j t_{Rd}$ 
32: end if
33: end if
34: if  ${}^j t_{Rdmax} \leq t_{act}$  then
35:   VlakOdjizdiOdNastupiste( $r_j$ )
36: else
37:   Naplanuj(KontrolaPrijazdjicichVlaku,  $r_j$ ,  ${}^j t_{Rdmax}$ )
38: end if

```

Plánovaná událost 2 – Skutečný odjezd vlaku ${}^j r$

```

1: VlakOdjizdiOdNastupiste( ${}^j r$ )
2:  $R_l \leftarrow {}^j r$ 

```

Podmínková událost 3 – vlak ${}^i r$ přijel k nástupišti

```

1: for all  ${}^j r : {}^i r \in E({}^j r)$  do
2:    $E({}^j r) := E({}^j r) - \{{}^i r\}$ 
3: end for
4: if  $(|E({}^j r)| = 0) \wedge (t_{act} < {}^j t_{Pd})$  then
5:    ${}^j t_{la} := {}^i t_{Rp}$ 
6: end if
7: if  $(|E({}^j r)| = 0) \wedge (t_{act} \geq {}^j t_{Pd})$  then
8:    ${}^j t_{Rd} := t_{act} + T_{Ckl}$ 
9:   Naplanuj(SkutecnyCasOdjezduVlaku,  ${}^j r$ ,  ${}^j t_{Rd}$ )
10: end if

```

Plánovaná událost 4 – kontrola příjezdějících vlaků

```

1: if  ${}^j r \notin R_l$  then
2:   VlakMuzeOdjet := true
3:   for all  ${}^i r \in E({}^j r)$  do
4:     if  ${}^i t_{Rs}^{lr} \leq t_{act}$  then

```

```

5:      VlakMuzeOdjet := true
6:    end if
7:  end for
8: end if
9: if VlakMuzeOdjet = true then
10:  VlakOdjizdiOdNastupiste(r)
11: end if

```

Využití Petriho sítí

Problematika čekání přípojného vlaku na vlak přijíždějící byla zpracována alternativně s využitím formalismu barvených Petriho sítí. Výhodou tohoto řešení je grafické znázornění probíhajících rozhodovacích procesů a přehled o jejich stavech. Bližší informace k této problematice jsou uvedeny v příloze A.

6.3.3 Využití navrženého algoritmu

Uvedený algoritmus byl úspěšně implementován do simulačního nástroje Villon, který poskytuje integrované vývojové prostředí, v jehož rámci lze budovat simulační modely různých typů železničních uzlů (resp. stanic) a následně provádět příslušné simulační experimenty spolu s vyhodnocováním jejich výsledků.

V současné době je tedy možné tento simulační nástroj využít pro zkoumání vlivu příjezdu zpožděných vlaků i s případným dopadem na přípojné vlaky v uvažované železniční stanici. V simulačním nástroji Villon je, díky implementaci uvedeného algoritmu, rovněž možná optimalizace čekacích dob přípojných vlaků a sledování změn využívání obslužných zdrojů (kolejí, zhlaví, hnacích vozidel, personálu).

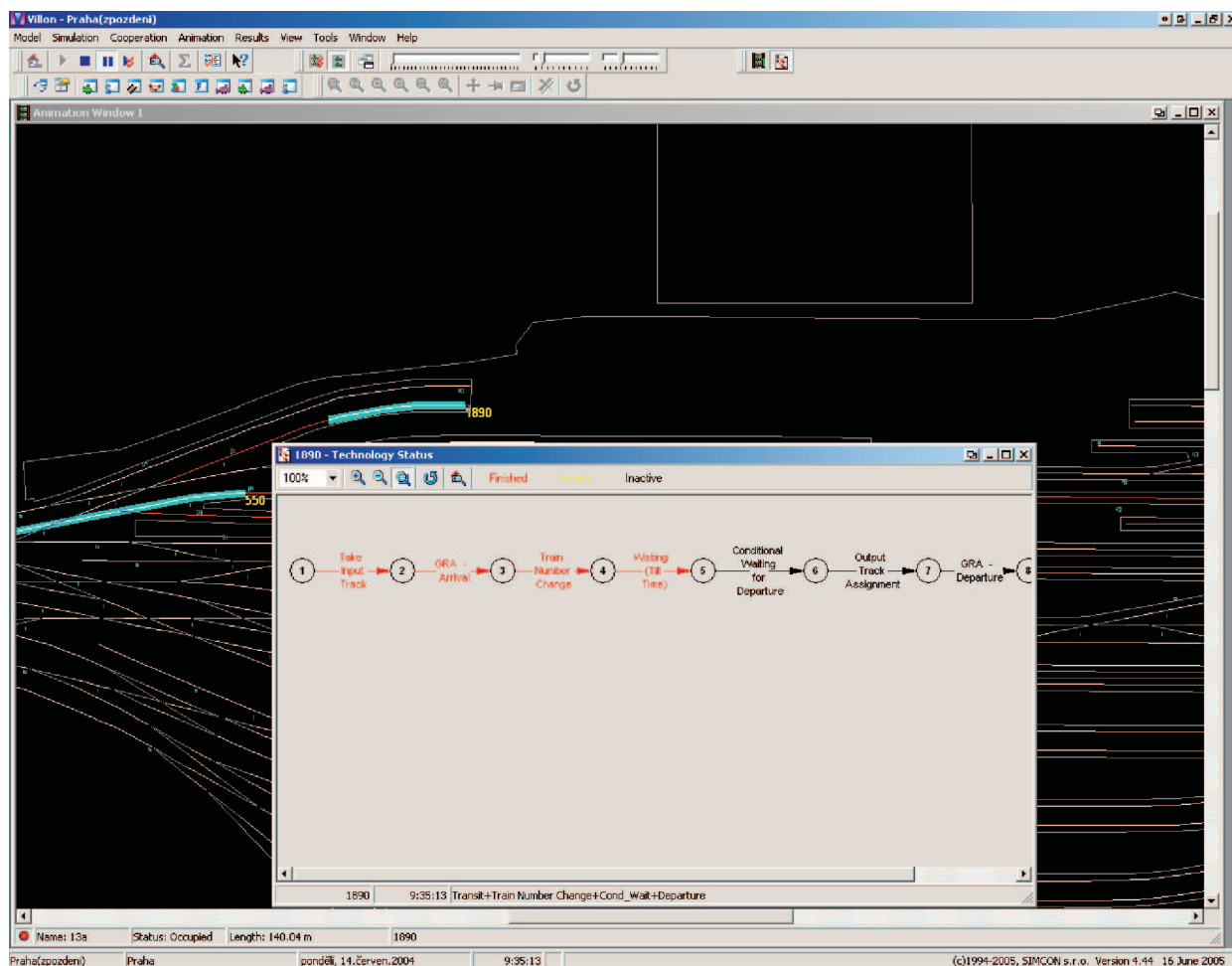
Funkčnost uvedeného algoritmu jsem otestoval v rámci případové studie [4]. Tato případová studie byla rovněž použita pro ověřování různých metodik při rozhodování o přidělení náhradní nástupištní koleje pro přijíždějící vlak. Bližší informace o použité infrastruktuře kolejí jsou uvedeny v kapitole 6.6.2.

Na obrázku 6.4 je ukázka uplatnění algoritmu čekání přípojného vlaku na přijíždějící zpožděný vlak v simulačním nástroji Villon.

Na obrázku jsou zachyceny dva vlaky, přičemž vlak 1890 čeká na přijíždějící vlak 550. Na obrázku je rovněž uveden technologický postup obsluhy vlaku 1890, kde aktuálně dochází ke zpracování úkonu „Conditional waiting for departure“, tedy k čekání na zpožděný vlak 550. Tato aktivita byla do simulačního nástroje, stejně jako další záležitosti související s navrženým algoritmem z kapitoly 6.3 (přestupní doba mezi nástupišti, doba čekání přípojného vlaku na přijíždějící vlak atd.), přidána a v současné době je již možné tuto metodiku využívat v simulačních studiích.

6.4 Úvod do problematiky přidělování nástupištní koleje přijíždějícímu zpožděnému vlaku

Při simulaci provozu osobních železničních stanic se zahrnutím příjezdu zpožděných vlaků vzniká problém s určením vhodné koleje u nástupiště pro tyto vlaky. Relevantní je tedy výběr kolejí v těch osobních stanicích, kde je z uvažované příjezdové koleje možnost výběru z více kolejí u nástupiště.



Obrázek 6.4: Ukázka uplatnění algoritmu čekání přípojného vlaku na přijíždějící zpožděný vlak v simulačním nástroji Villon

Přidělená kolej by měla odpovídat rozhodovacím mechanismům, které jsou rutinně uplatňovány na stanicích řídicími pracovníky, přičemž je cílem, aby simulační modely osobních stanic v této oblasti co nejvíce kopírovaly rozhodování o řešení provozních problémů v praxi.

6.5 Přidělování nástupištní koleje založené na analýze historických provozních dat

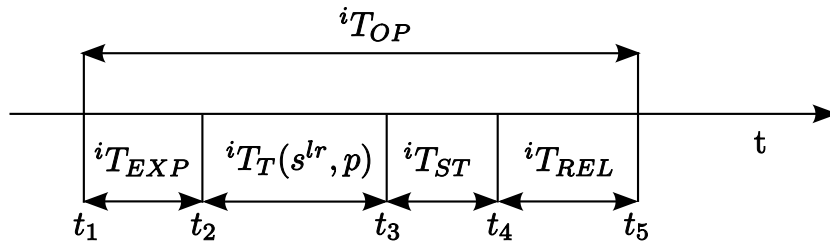
Prvním přístupem, kterým jsem se zabýval pro řešení tohoto problému, je přístup postavený na analýze historických dat ze zkoumané železniční stanice [5].

Při zpoždění přijíždějícího vlaku může dojít k situaci, kdy má tento vlak obsazenu pravidelnou kolej určenou pomůckou GVD „Plán obsazení kolejí“. V tomto případě může být zpožděnému vlaku mimořádně přidělena jiná kolej. S ohledem na přípojné vlaky je samozřejmě možné přidělit přijíždějícímu zpožděnému vlaku jinou kolej i když má volnou kolej určenou „Plánem obsazení kolejí“. Pro jednodušší vstupní předpoklady je uvažováno nejprve s možností změny koleje jen u vlaku, který má v době žádosti o nástupištní kolej svou pravidelnou kolej obsazenu.

Náhradní kolej operativně přidělí dispečer opožděnému vlaku s přihlédnutím k:

- aktuálnímu obsazení kolejí ve stanici,
- rozmístění přípojných vlaků,
- plánovanému obsazení kolejí v dalším časovém období.

Důležitým podkladem je také doba obsazení nástupištní koleje opožděným vlakem. Technologická doba obsazení nástupištní koleje T_{OP} začíná ještě před příjezdem vlaku na tuto kolej a končí uvolněním nástupištní koleje. Jednotlivé složky technologického obsazení nástupištní koleje je znázorněno na obrázku 6.5.



Obrázek 6.5: Složky celkového času obsazení nástupištní koleje

Celkovou dobu technologického obsazení koleje u nástupiště T_{OP} lze rozdělit na tyto složky:

- $iT_{EXP} = \langle t_1, t_2 \rangle = \{t \in R; t_1 \leq t < t_2\}$; doba čekání na příjezd vlaku k vjezdovému (poslednímu cestovému) návěstidlu tak, aby vlak nečekal u vjezdového (posledního cestového) návěstidla. Začíná okamžikem, kdy je pro vlak i_r přestaveno návěstidlo na návěst dovolující jízdu – $i t_{sh}$ ($i t_{sr}$).
- $iT_T(s^{lr}, p) = \langle t_2, t_3 \rangle = \{t \in R; t_2 \leq t < t_3\}$; doba jízdy přijíždějícího vlaku od posledního návěstidla před nástupištěm na nástupištní kolej. Začíná okamžikem průjezdu vlaku kolem posledního návěstidla před nástupištěm.
- $iT_{ST} = \langle t_3, t_4 \rangle = \{t \in R; t_3 \leq t < t_4\}$; doba pobytu vlaku ve stanici. Tato doba začíná v čase skutečného zastavení vlaku u nástupištní koleje a končí okamžikem skutečného odjezdu vlaku.
- $iT_{REL} = \langle t_4, t_5 \rangle = \{t \in R; t_4 \leq t < t_5\}$; doba na uvolnění koleje u nástupiště tak, aby na tuto kolej mohl bez nutnosti čekání na uvolnění vlakové cesty přijet další vlak. Jedná se tedy o dobu uvolnění vlakové cesty.

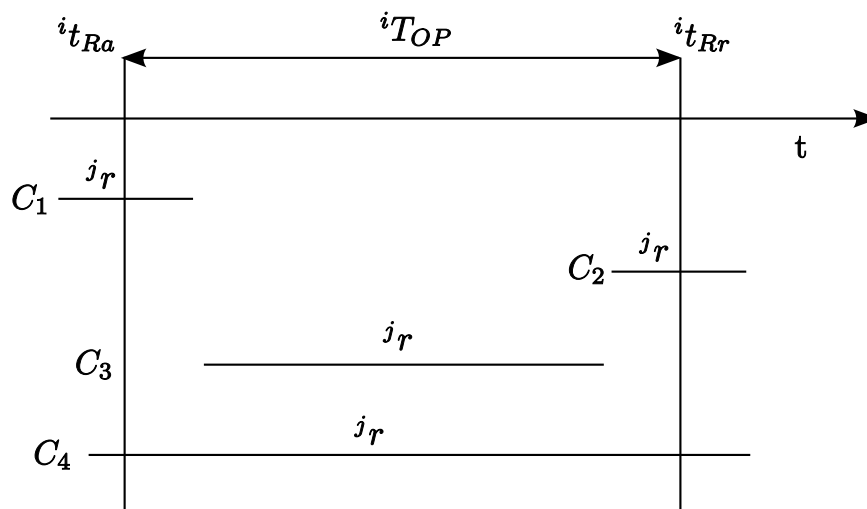
Dobu technologického obsazení koleje u nástupiště vlakem i_r lze tedy vyjádřit vztahem:

$$|iT_{OP}| = |iT_{EXP}| + |iT_T(s^{lr}, p)| + |iT_{ST}| + |iT_{REL}| \quad (6.5)$$

Případy časových kolizí v obsazení nástupištní koleje

Při pokračování v analýze konfliktní doby obsazení nástupištní koleje dvěma vlaky, zpožděným vlakem i_r a vlakem j_r , který danou kolej obsazuje v danou dobu pravidelně, lze v zásadě identifikovat čtyři případy kolizí v obsazení koleje mezi nimi (grafické znázornění je uvedeno na obrázku 6.6):

- C_1 : V okamžiku vzniku požadavku na obsazení koleje vlakem ${}^i r$ (${}^i t_{Ra}$) je požadovaná kolej obsazená vlakem ${}^j r$, ale při výhledu na celou požadovanou dobu obsazení vlakem ${}^i r$ (${}^i T_{OP}$) dojde k uvolnění koleje.
- C_2 : V okamžiku vzniku požadavku na obsazení koleje vlakem ${}^i r$ je požadovaná kolej volná, ale do okamžiku uvolnění koleje vlakem ${}^i r$ je naplánované obsazení koleje vlakem ${}^j r$, které skončí až po předpokládaném konci doby ${}^i T_{OP}$.
- C_3 : V okamžiku vzniku požadavku na obsazení koleje vlakem ${}^i r$ je požadovaná kolej volná, ale do okamžiku uvolnění koleje vlakem ${}^i r$ (${}^i t_{Rr}$) je naplánované obsazení koleje jiným vlakem ${}^j r$, který do doby uvolnění koleje vlakem ${}^i r$ stihne ještě tuto kolej uvolnit.
- C_4 : V době vzniku požadavku na obsazení koleje vlakem ${}^i r$ je požadovaná kolej obsazená a do doby uvolnění koleje vlakem ${}^i r$ nedojde k její uvolnění.



Obrázek 6.6: Případy časových kolizí v obsazení nástupištní koleje

Algoritmus modelující rozhodování výpravčího při přidělování koleje příjezdějícímu zpožděnému vlaku postupuje v řešení následujícím způsobem.

Nejprve se snaží přidělit kolej, která je určená „Plánem obsazení kolejí“. Pokud je kolej určená touto pomůckou po celou dobu ${}^i T_{OP}$ volná, je tato přidělena příjezdějícímu vlaku a algoritmus končí. Jestliže ale původně určená kolej není volná po celou požadovanou dobu, je nutné posoudit i možnost výběru náhradní koleje. Při výběru koleje (původně určené anebo náhradní) postupuje algoritmus podle kritérií uvedených v další části textu.

Do výběrové množiny nástupištních kolejí je možné zahrnout pouze koleje, které splňují bezpodmínečně tato kritéria:

- délka nástupištní hrany – příjezdějícímu vlaku musí být přiřazena kolej s dostatečně dlouhou nástupištní hranou,
- průjezdnost koleje – příjezdějícímu vlaku musí být přidělena nástupištní kolej umožňující odjezd na požadovanou výstupní traťovou kolej.

Po výběru kolejí do výběrové množiny je každá kolej ohodnocena pokutovou funkcí, tzn. že je ohodnocen negativní vliv výběru z několika hledisek. Celková pokutová účelová funkce

má potom tvar dle vzorce (6.6), kde A, \dots, D jsou zvolená kritéria pro hodnocení vhodnosti koleje k výběru.

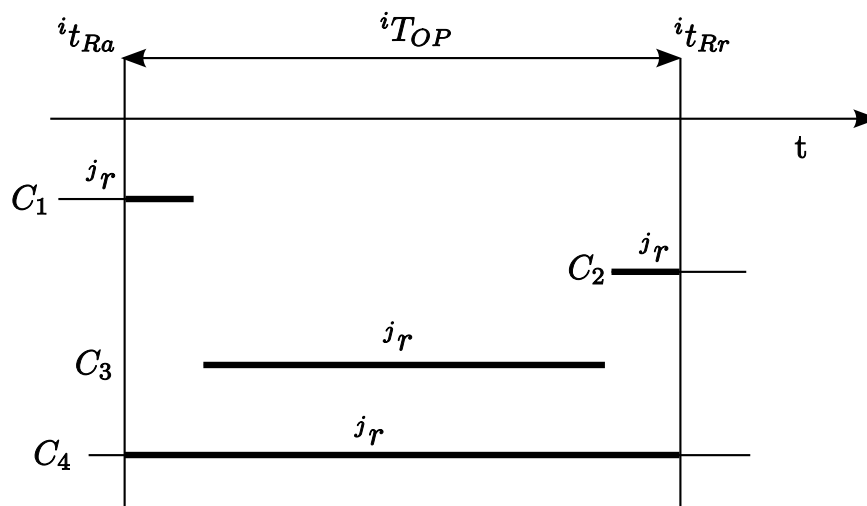
$$P = \sum_{x=A}^C P_x \quad (6.6)$$

Dále následuje bližší popis každého kritéria, přičemž u všech existuje více možností zapsání kritériální funkce.

A) Konfliktní doba obsazení koleje (průnik ${}^i T_{OP}$ a ${}^j T_{OP}$)

Konfliktní doba je průnikem mezi dobou obsazení příjezdějším zpožděným vlakem ${}^i T_{OP}$ a dobou obsazení konfliktním vlakem ${}^j T_{OP}$. V tomto kritériu jde o obsazení uvažované koleje oběma konfliktními vlaky (grafické znázornění na obrázku 6.7). Konkrétně:

- t_{IPs} – začátek intervalu doby průniku na nástupištní koleji,
- t_{IPE} – konec intervalu doby průniku na nástupištní koleji.



Obrázek 6.7: Případy časových kolizí v obsazení nástupištní koleje se zvýrazněnou dobou průniku na nástupištní koleji

B) Konfliktní doba obsazení zhlaví

Jedná se o konflikt při obsazení zhlaví při vjezdu zpožděného vlaku k nástupištní koleji. Modelování je obdobné jako v bodu A). Zpravidla je tato doba kratší než konfliktní doba obsazení koleje. Taktéž připadá v úvahu zavést do tohoto kritéria zohlednění kategorie vlaků. Opět je možné použít součin doby průniku na zhlaví a kategorie vlaků, což je vyjádřeno vztahem (6.7), kde proměnné obdobně jako u kritéria A odpovídají začátku a konci intervalu a váze w_B .

$$P_B = (t_{ICe} - t_{ICs}) \cdot w_B \quad (6.7)$$

C) Přestupní doba mezi zpožděným vlakem a přípojnými vlaky

V tomto kritériu jde o vyhodnocení rozdílů mezi časem skutečného příjezdu zpožděného vlaku ${}^i r$ (${}^i t_{Rp}$) a časy plánovaných odjezdů všech přípojných vlaků ${}^j r$ (${}^j t_{Pd}$), což lze vyjádřit vztahem (6.8), kde $Y = \max\{{}^j t_{Pd} - T_{Ckl}; 0\}$

$$P_C = \sum_{\forall^j r \in E(i_r)} -Y \cdot T_{Ckl} \cdot w_C \quad (6.8)$$

Pro některé přípoje je přestupní doba důležitější než pro jiné, například při vyšší frekvenci cestujících mezi určitými spoji, jedná se o důležitý přípoj apod. Dále je možné specifikovat váhy w_C podle důležitosti pro některé kombinace vlaků: zpožděného i_r a jeho přípoje j_r .

Použití kritérií

Uvedená kritéria lze považovat za základní pro hodnocení výběru nástupištních kolejí pro zpožděný přijíždějící vlak. Nabízejí se i další kritéria, jako např. nedodržení plánu obsazení kolejí, zpoždění dalších vlaků nebo časová náročnost příjezdu k nástupišti.

Pokud jsou vztahy vybraných kritérií dosazeny do vztahu (6.6), dostaneme výslednou kritériální funkci, která obsahuje výrazy reprezentující:

- a) časové okamžiky a doby trvání,
- b) kategorie vlaků,
- c) váhy w_i .

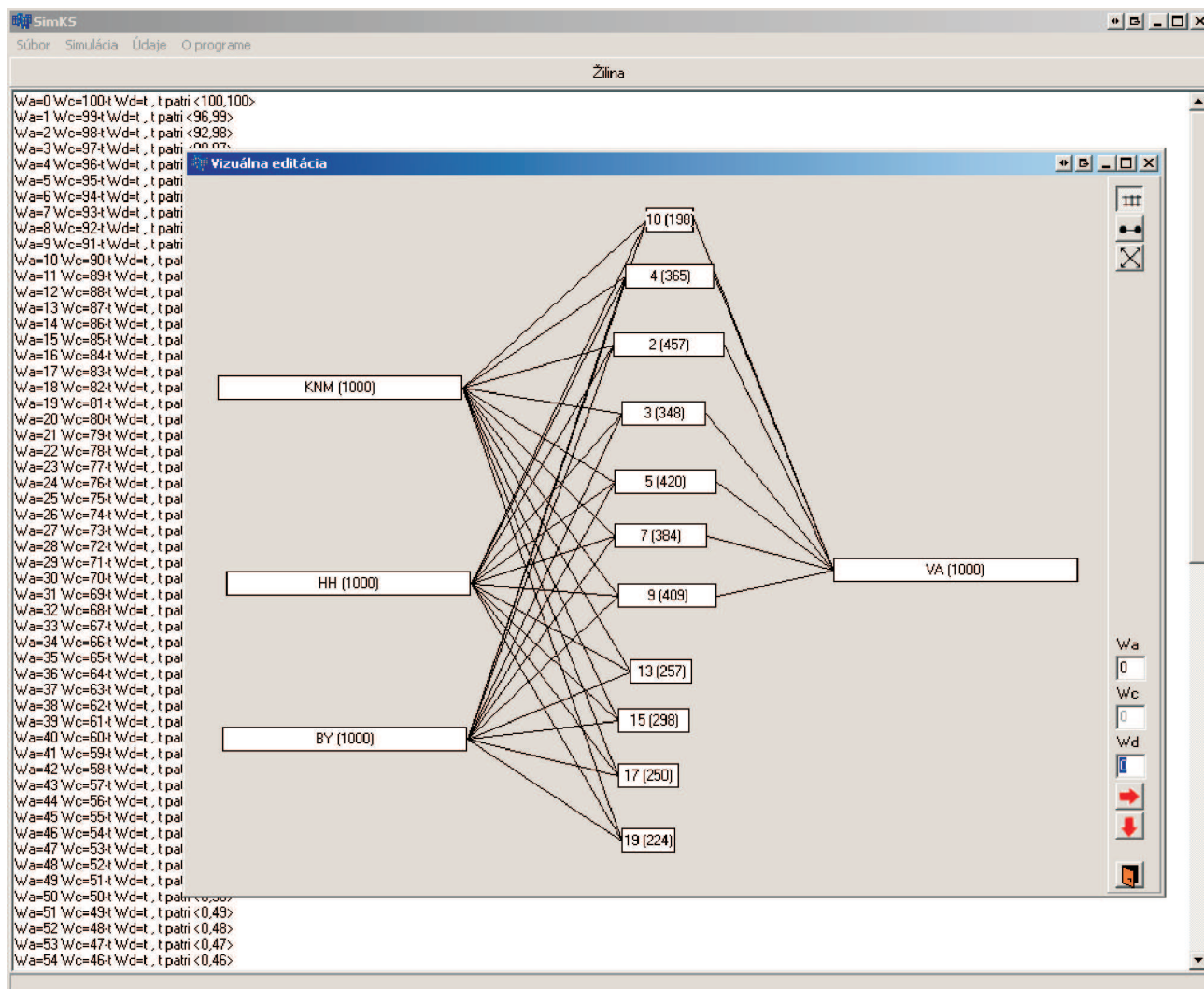
Na tomto místě je nutné poznamenat, že by měly být pevně určené váhy w_i pro řešení všech rozhodovacích situací. Tyto hodnoty jsou však na počátku modelování konkrétní stanice neznámé a je nutné jejich určení pro každý model v předstihu.

Tyto parametry lze získat empirickým způsobem, tzn. zpracováním reálných rozhodovacích situací, které byly v minulosti řešeny výpravčím. Tím se vytvoří množina hodnot, která by mohla tuto realitu popisovat. Přesnost těchto hodnot bude záviset od množství vyhodnocených situací a také od diversifikace řešených problémů ve stanici.

Stanovením jednotlivých vah pro uplatnění této metodiky se v rámci konkrétní železniční stanice zabývá diplomová práce [41]. V této práci jsou na základě této metodiky [5] stanoveny váhy pro jednotlivé konfliktní situace, které jsou analyzovány z historických dat provozu železniční stanice Žilina. Na obrázku 6.8 je náhled vytvořené aplikace v rámci této diplomové práce, kde je zobrazeno zjednodušeným způsobem kolejiště žst. Žilina a rovněž je k dispozici náhled výpočtu vah kritérií.

Proces získávání historických dat z provozní dokumentace je časově velmi náročnou záležitostí, což citovaná diplomová práce prokázala. Dalším problémem, na který je poukázáno je nemožnost získání dat určitého typu, např. konfliktů vlaků určitých kategorií (v uvedené případové studii se jednalo o konflikty vlaků IC–IC a IC–R).

Na závěr tohoto způsobu řešení je tedy nutné poznamenat, že toto řešení zcela jistě není ideální pro nasazení v simulačních studiích železničních stanic. Největším problémem je totiž sběr historických dat z provozní dokumentace a následná analýza těchto dat. Obě záležitosti jsou velmi časově náročné (dle [41] se jedná o desítky hodin) a pro každou simulační studii uvažované železniční stanice by musely být vykonány individuálně. Tyto nevýhody vedly k vytvoření alternativní metody, kterou se zabývá následující kapitola.



Obrázek 6.8: Náhled vytvořené aplikace pro výpočet vah kritérií. Zdroj: [41]

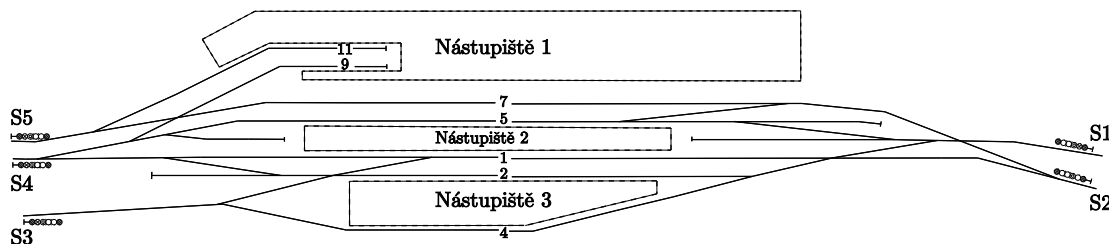
6.6 Přidělování nástupištní koleje založené na znalosti práce dispečerů

Vzhledem k nevýhodám předchozího řešení jsem se rozhodl pro vypracování alternativního přístupu k přidělování nástupištních kolejí pro příjezdějící zpoždění vlak a to s ambicí odstranit nepříjemné vlastnosti řešení předchozího. Pro takové chování jsem navrhl čtyři kritéria [2], která jsou následně podrobně rozvedena. Tato kritéria jsou inspirována prací reálných dispečerů.

6.6.1 Kritéria pro určení náhradní nástupištní koleje

Při určování kritérií, podle kterých bude probíhat přiřazení náhradní nástupištní koleje v rámci simulačního modelu, je nutné se podívat na tento proces v provozu. Pokud do stanice přijíždí zpožděný vlak, řídicí pracovník mu musí přidělit takovou kolej, jež pro něj bude nejvhodnější, přičemž je ve hře několik hledisek pro rozhodování. Stejný postup bude uplatněn při přidělování nástupištní koleje v simulačním modelu, pro zjednodušení bude nadále uvažováno s příjezdy zpožděných vlaků pouze z *jednoho směru*.

Prvním krokem při výběru nástupištní koleje je určení množin přípustných kolejí pro příjezdějící vlak, které jsou určovány vzhledem k vjezdové a odjezdové koleji do, resp. ze sledované stanice. Množiny přípustných kolejí jsou označeny jako K_{S_i, S_j} , kde S_i je označení příslušné vjezdové a S_j odjezdové koleje. Určení množin přípustných kolejí lze demonstrovat na příkladu ilustračního kolejiště (obrázek 6.9). Pro tento příklad lze určit např. následující množiny přípustných kolejí: $K_{S_1, S_1} = \{k_4, k_2, k_1, k_5, k_7\}$, $K_{S_1, S_2} = \{k_4, k_2, k_1, k_5, k_7\}$, \dots , $K_{S_5, S_5} = \{7, 9, 11\}$. Tyto množiny lze ještě dále redukovat o koleje nevhodné pro uvažovaný vlak např. z důvodu nedostatečné délky koleje apod.



Obrázek 6.9: Určení množiny přípustných kolejí

Po určení množiny přípustných nástupištních kolejí, pro příjezd zpožděného příjezdějícího vlaku, je nutné z této množiny vybrat tu kolej, která pro něj bude v době skutečného příjezdu nejvýhodnější podle kritérií, která jsem odvodil ze znalosti práce řídicích pracovníků. Jedná se o tato kritéria:

- A – Volnost koleje v okamžiku příjezdu vlaku.
- B – Doba volnosti koleje vzhledem k době pobytu příjezdějícího vlaku ve stanici.
- C – Obsazení sousední koleje u stejného nástupiště přípojným vlakem.
- D – Další technické a technologické přednosti koleje pro příjezdějící vlak.

Z definice úlohy je zřejmé, že se jedná o úlohu vícekritériálního hodnocení variant [22], neboť množina rozhodovacích variant (množina přípustných kolejí), označovaná jako $K = \{k_j | j = 1, \dots, m\}$, má konečný počet prvků. Jsou-li určena kritéria (A, B, C, D) a metody získání naturálních údajů o hodnotách těchto kritérií pro jednotlivé rozhodovací varianty, lze úlohu vícekritériálního hodnocení variant charakterizovat tzv. kritériální maticí. Prvek kritériální matice y_{ij} vyjadřuje hodnotu kritéria i (kde $i = A, \dots, D$) pro příslušnou variantu/kolej $k_j \in K$. Zmíněnou matici lze zapsat ve tvaru:

$$\begin{array}{c|cccc}
 & k_1 & k_2 & \dots & k_m \\
 \hline
 A & y_{A1} & y_{A2} & \dots & y_{Am} \\
 B & y_{B1} & y_{B2} & \dots & y_{Bm} \\
 C & y_{C1} & y_{C2} & \dots & y_{Cm} \\
 D & y_{D1} & y_{D2} & \dots & y_{Dm}
 \end{array} \tag{6.9}$$

Při vyhodnocování hodnot jednotlivých kritérií je uplatňována *maximalizační zásada*, což znamená, že všechna kritéria jsou určena tak, že varianta je hodnocena tím lépe, čím jsou hodnoty kritérií větší.

Výpočet hodnot kritérií A a B vychází z *Plánu obsazení kolejí ve stanici*, který se sestavuje pro každou větší osobní stanici. Pro každou dopravní kolej ve stanici jsou k dispozici údaje o jejím obsazení vlaky s krokem jedné minuty.

Pro výpočet hodnoty kritéria A platí výraz:

$$A = \max\left\{0; 1 - \frac{{}^i T_{uv}}{T_{vyh}}\right\} \quad (6.11)$$

Kritérium B – doba volnosti koleje vzhledem k době pobytu vlaku ve stanici

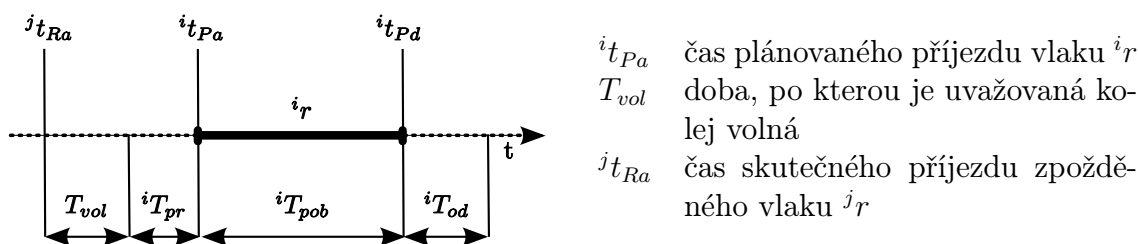
Druhým kritériem je doba volnosti koleje vzhledem k době pobytu příjždějícího zpožděného vlaku ve stanici. Stanovení hodnoty kritéria B se vztahuje k plánovanému času pobytu vlaku ${}^j r$ na koleji.

V první fázi stanovení hodnot kritéria je počítáno s konstantní (plánovanou) dobou pobytu vlaku ve stanici, přičemž v další fázi výzkumu je možné s tímto kritériem dále pracovat v tom smyslu, že je možné u vybraných vlakových spojů uvažovat o kratší než plánované době pobytu vlaku ve stanici. Tato poznámka se týká zejména vlaků, které mají ve stanicích delší plánovanou dobu pobytu a zkrácením doby pobytu by nevznikaly komplikace při vykonávání obsluhy podle stanovených postupů technologických procesů.

Dalším možným rozšířením tohoto kritéria je rozšíření o možnou delší dobu pobytu vlaku ve stanici z důvodu jeho čekání na příjždějící zpožděné vlaky.

Stejně jako u kritéria A bude i u tohoto kritéria hodnota z intervalu $\langle 0, 1 \rangle$.

Výpočet probíhá na základě vyhodnocení doby, po kterou je uvažovaná kolej volná do příjezdu dalšího vlaku. Schéma k výpočtu pro příjezd zpožděného vlaku v čase, kdy je uvažovaná kolej volná je znázorněno na obrázku 6.12.



Obrázek 6.12: Schéma k výpočtu hodnoty kritéria B – uvažovaná kolej je v době příjezdu zpožděného vlaku volná

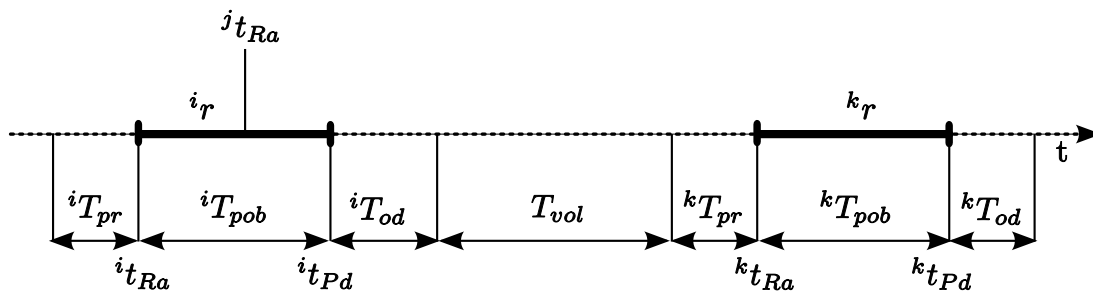
V tomto případě je hodnota kritéria B stanovena dle vztahu (6.12), kde ${}^j T_{obs}$ je plánovaná doba obsazení dané koleje vlakem ${}^j r$.

$$B = \min\left\{1; \frac{T_{vol}}{{}^j T_{obs}}\right\} \quad (6.12)$$

Pokud vlak ${}^j r$ přijede v době, kdy je uvažovaná kolej obsazena, je postup výpočtů podobný, s tím že časový interval (o délce T_{vol}), po který je kolej volná, započne až po uvolnění této koleje vlakem ${}^i r$. Tento případ znázorňuje obrázek číslo 6.13.

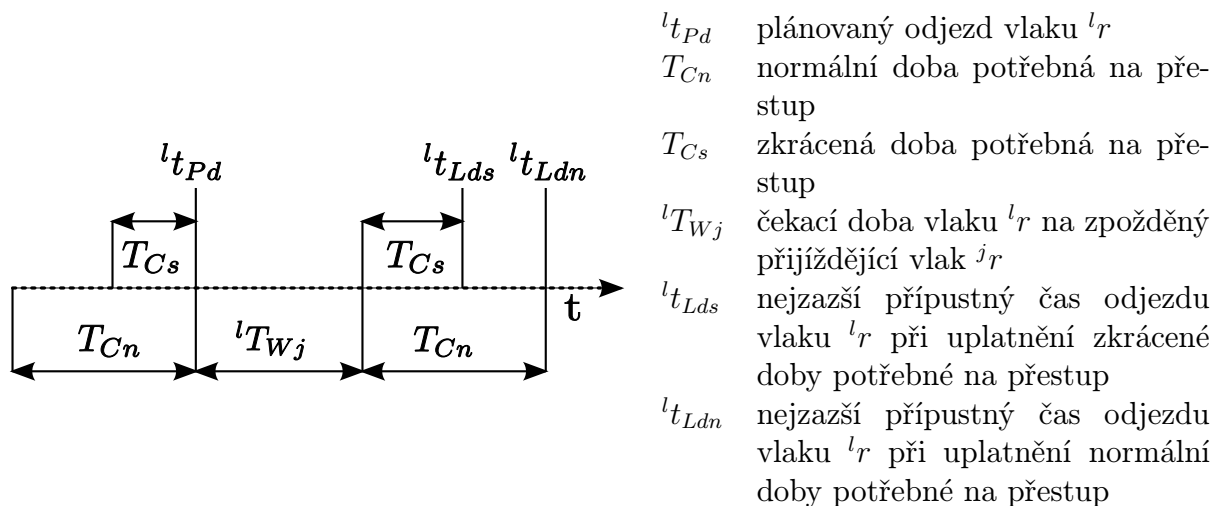
Kritérium C – obsazení koleje u stejného nástupiště přípojným vlakem

Pokud na příjždějící zpožděný vlak ${}^j r$ čeká přípojný vlak ${}^l r$, kterému by tímto čekáním mohlo vzniknout zpoždění, případně by mohlo dojít k nárůstu zpoždění, je vhodné příjždějící zpožděný vlak umístit ke stejnému nástupišti tak, aby mohla být uplatněna zkrácená doba potřebná na přestup. Analýzou čekání přípojného vlaku na zpožděný příjždějící vlak se blíže zabývá kapitola 6.3.



Obrázek 6.13: Schéma k výpočtu hodnoty kritéria B – uvažovaná kolej je v době příjezdu zpožděného vlaku obsazena

Z tohoto důvodu je zavedeno kritérium s označením C . Toto kritérium se liší od předchozích kritérií tím, že nabývá pouze dvou hodnot. Na obrázku 6.14 je znázorněn postup výpočtu hodnoty kritéria C .



Obrázek 6.14: Ilustrační schéma k vyhodnocení časového intervalu pro určení hodnoty kritéria C

Z obrázku je patrné, že je výhodné pro příjezd zpožděného vlaku ${}^j r$ v časovém intervalu $\langle {}^l t_{Pd} - T_{Cn}, {}^l t_{Pd} + {}^l T_{Wj} \rangle$ tento příjezdějící vlak umístit ke stejnému nástupišti, u něhož na něj čeká přípojný odjíždějící vlak z důvodu úspory času na přestup cestujících (mezi příjezdějícím zpožděným vlakem ${}^j r$ a vlakem přípojným ${}^l r$).

Hodnotu kritéria C pro koleje sousedící s kolejí, ze které odjíždí přípojný vlak lze určit podle následujícího vztahu:

- $C = 1$ pro ${}^j t_{Ra} \in \langle {}^l t_{Pd} - T_{Cn}, {}^l t_{Pd} + {}^l T_{Wj} \rangle$
- $C = 0$ pro ${}^j t_{Ra} \notin \langle {}^l t_{Pd} - T_{Cn}, {}^l t_{Pd} + {}^l T_{Wj} \rangle$

Kritérium D – další technické a technologické přednosti koleje

Poslední kritérium (označované jako D) odráží další technické a technologické přednosti přidělení dané koleje uvažovanému zpožděnému příjezdějícímu vlaku ${}^j r$. Stejně jako u předchozích kritérií jsou hodnoty kritéria D z intervalu $\langle 0, 1 \rangle$. Kolej pravidelně určená příjezdějícímu vlaku může mít ohodnocení např. $D = 1$, kolej nevhodná pro příjezdějící vlak potom $D = 0$. Pro

ostatní koleje nabývá kritérium D ohodnocení z intervalu $(0, 1)$, přičemž je možné měnit hodnotu tohoto kritéria pro různé hodnoty zpoždění vlaku $^j r$. Hodnota kritéria D je stanovena na základě znalostí provozu zkoumané stanice (např. s využitím konzultací s provozními zaměstnanci). Hodnota kritéria D může odrazet například následující skutečnosti :

- Vzdálenost uvažované koleje pro přidělení od plánované koleje pro příjezdový vlak (zmíněná vzdálenost má vliv na doby přestupů cestujících).
- Míru obsazení příjezdového kolejového zhlaví příjezdovým vlakem, pokud mu bude přidělena uvažovaná kolej (obsazenost zhlaví může negativně ovlivňovat jízdu dalších vlaků, které v příslušném časovém intervalu stejné zhlaví rovněž využívají).

6.6.2 Případová studie a příklady sestavených kritériálních matic

Pro vyhodnocení výsledků uvažovaných metod (matematických metod vícekritériálního hodnocení variant a umělých neuronových sítí) bylo nutné vyčíslit hodnoty kritérií A – D pro poměrně velký počet situací.

Při výběru osobní stanice, na níž mají být provedeny výpočty, bylo přihlédnuto k počtu kolejí ve stanici, počtu vlaků ve sledovaném období a dobré znalosti místních poměrů (znalost rozhodování v určitých provozních situacích). Z tohoto důvodu byla vybrána pro případovou studii žst. Praha hlavní nádraží s verzí infrastruktury (její část je schematicky prezentována na obrázku 6.15) a grafikonu vlakové dopravy 2004/2005.

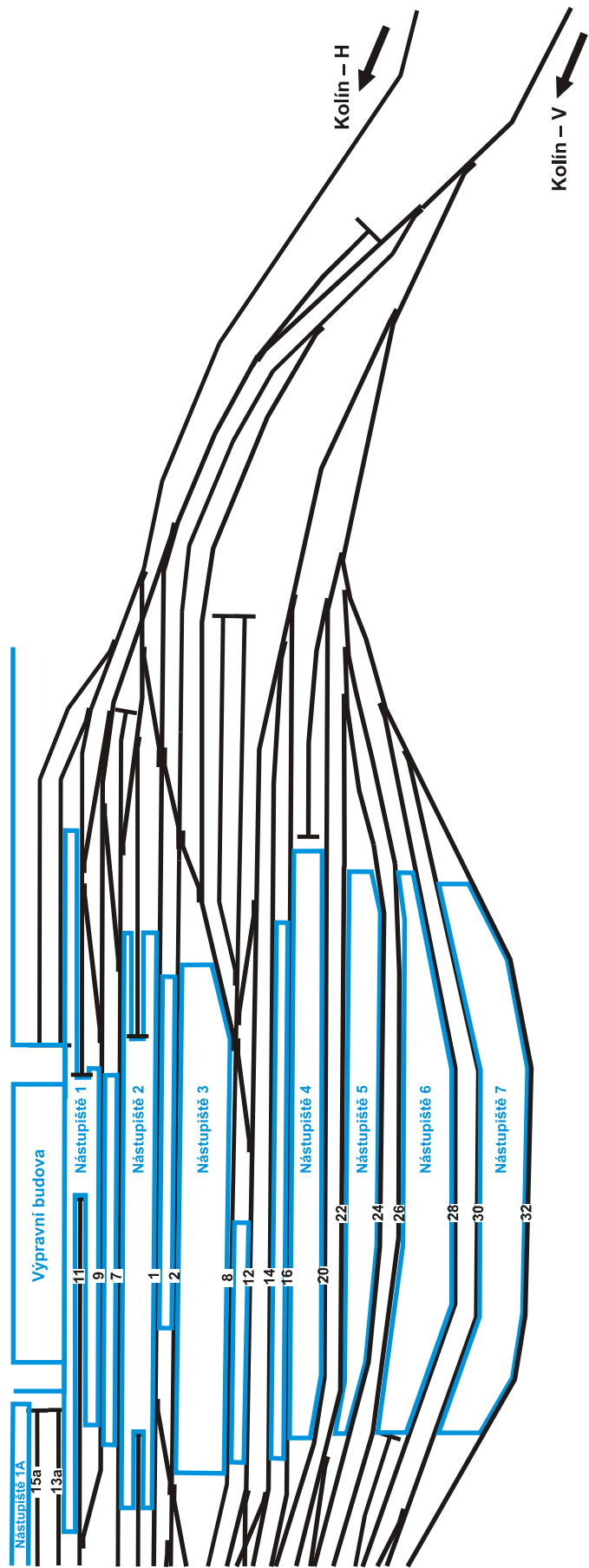
Pro ověření správného vyhodnocování byla vybrána ranní dopravní špička (5.30–9.00 hod.), kdy v případě vzniku zpoždění vlaků dochází, v porovnání se zbytkem dne, k největším problémům s přidělením nástupištní koleje.

V předchozí části je uvedena definice úlohy a je rovněž uvedena zásada použitá pro vyhodnocování variant přidělení různých kolejí. Po těchto krocích jsou již k dispozici kritériální matice (6.9) s konkrétními hodnotami pro různé dopravní situace v závislosti na čase, pro které byly kritériální matice vypočteny. V této kapitole budou uvedeny některé příklady vypočtených kritériálních matic i s uvedením toho, jak by daná rozhodovací situace dopadla po posouzení takové situace dopravním expertem.

Vyhodnocení schopností jednotlivých metod správně přidělovat nástupištní koleje příjezdovým vlakům byl (po konzultaci s dispečerskými pracovníky stanice) vybrán příjezdový směr od Kolína, který vykazoval nejvyšší četnost zpožděných vlaků ze všech příjezdových směrů v rámci zkoumané stanice. Z obrázku 6.15 je zřejmé, že vlaky z Kolína mohou využít pro příjezd do žst. Praha hl. n. dvě příjezdové koleje (Kolín – V, Kolín – H), přičemž vlaky dálkové dopravy běžně využívají příjezdovou kolej, u níž je použito označení Kolín – V. V dalším se tedy předpokládá, že všechny uvažované příjezdové vlaky využívají právě tuto příjezdovou kolej.

Vlakům příjezdovým z uvedeného směru lze na hlavním nádraží v Praze přidělit jednu z 15 kandidátských nástupištních kolejí - $\{k_9, k_7, k_1, k_2, k_8, k_{12}, k_{14}, k_{16}, k_{20}, k_{22}, k_{24}, k_{26}, k_{28}, k_{30}, k_{32}\}$. Toto číslování kolejí odpovídá služebnímu číslování používanému v provozu, zatímco pro potřeby tohoto textu bude ve vzorcích použito běžné číslování $\{k_1, \dots, k_{15}\}$, obecně potom $\{k_1, \dots, k_m\}$.

V době ranní dopravní špičky přijíždí do žst. Praha hlavní nádraží 11 dálkových spojů, pro něž byly vyhodnoceny kritériální matice (6.9). Hodnota uvažovaného zpoždění u každého vlaku se pohybuje v intervalu 0–60 minut. Jak se mění hodnota zpoždění příjezdových vlaků, tak se také mění obsazení kolejí ve stanici jinými vlaky (v závislosti na čase). Z tohoto důvodu bylo zpracováno 671 případů, pro které byla vyhodnocena kritériální matice. Pro všechny



Obrázek 6.15: Schéma infrastruktury kolejiště použité pro ověření metodik.

ostatní vlaky ve sledované stanici je uvažována jejich jízda podle grafikonu vlakové dopravy, tzn. bez zpoždění.

Po výpočtu příslušných kritériálních matic je expertem provedeno vyhodnocení vzniklých situací, tzn. určení kolejí, které by byly vybraným vlakům přiděleny v případě vzniku takové situace v provozu, přičemž všechna kritéria jsou uvažována jako maximalizační, což znamená, že čím je hodnota kritéria větší, tím je kolej považována za vhodnější.

Koleje (resp. sloupce odpovídají vybraným kolejím), které by za dané situace byly vybrány dopravním expertem jsou v ilustračních tabulkách 6.1 a 6.2 vyznačeny tučným písmem.

Tabulka 6.1: Vyhodnocená kritériální matice pro R 424 v případě, kdy je zpožděn o 20 minut.

Kritérium	k_9	k_7	k_1	k_2	k_8	k_{12}	k_{14}	k_{16}
A	1,00	0,00	0,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
B	1,00	0,00	0,13	0,04	0,46	1,00	0,23	0,33
C	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	0,20	0,25	0,30	0,45	0,50	0,10	0,15	0,65

Kritérium	k_{20}	k_{22}	k_{24}	k_{26}	k_{28}	k_{30}	k_{32}
A	0,00	0,00	0,30	0,00	0,50	0,80	1,00
B	0,17	0,02	0,33	1,00	0,00	0,33	0,79
C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00

První ilustrační příklad jedné konkrétní zkoumané dopravní situace je uveden v tabulce 6.1 i s vyznačením koleje k_1 , která by byla vybrána řídicím pracovníkem. Tabulka 6.1 odráží výpočet kritériální matice pro vlak R 424 s pravidelným příjezdem v 5.56 hod., přičemž má tento vlak na svém příjezdu zpoždění 20 minut. Přestože je podle kritéria D (vzdálenost od plánované koleje) nejvýhodnější kolej k_{32} , z důvodu nedostatečné doby pro pobyt příjíždějícího zpožděného vlaku, tato kolej nebyla vybrána. Kolej k_9 je v okamžiku příjezdu zpožděného vlaku volná (kritérium A) a doba, po kterou bude kolej volná je pro příjíždějící zpožděný vlak dostatečná (kritérium B). Z provozního hlediska lze konstatovat, že za daných podmínek by byla v reálném provozu příslušnému vlaku přidělena právě tato kolej.

Pro demonstraci změn hodnot kritériálních matic v závislosti na simulačním čase je uveden druhý příklad (v tabulce 6.2). V této tabulce je uvedena kritériální matice rovněž pro vlak R 424, ale tentokrát v situaci, kdy je zpožděn o 8 minut. V tomto případě by byla vybrána kolej č. 32. Tato matice je uvedena v tabulce 6.2.

6.6.3 Řešení s využitím matematických metod

Matematické metody výpočtu vah kritérií jsou obecně popsány v kapitole 5.1. Konečné ohodnocení koleje k_j , $j = 1, \dots, m$ lze vypočítat podle vztahu (6.13), kde O_j je konečné ohodnocení koleje, y_{ij} je hodnota kritéria a w_i je váha kritéria ($i = A, \dots, D$ odpovídá jednotlivým kritériím). Čím je důležitost kritéria větší, tím je větší i jeho váha. Získat od uživatele přímo hodnoty vah je poměrně obtížná záležitost, avšak existují metody, které na základě jednodušších subjektivních informací od uživatele konstruují odhady vah.

$$O_j = \sum_{i=A}^D y_{ij} \cdot w_i \quad (6.13)$$

Tabulka 6.2: Vyhodnocená kritériální matice pro R 424 v případě, kdy je zpožděn o 8 minut.

Kritérium	k_9	k_7	k_1	k_2	k_8	k_{12}	k_{14}	k_{16}
A	1,00	0,00	0,00	1,00	0,10	1,00	1,00	0,00
B	1,00	0,00	0,13	0,00	0,58	1,00	0,13	0,33
C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	0,20	0,25	0,30	0,45	0,50	0,10	0,15	0,65

Kritérium	k_{20}	k_{22}	k_{24}	k_{26}	k_{28}	k_{30}	k_{32}
A	0,60	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00
B	0,00	0,02	0,33	0,06	0,00	0,35	1,00
C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00

Praktické způsoby získávání vah kritérií

Mezi základní matematické metody určování vah kritérií patří metody:

- Metoda pořadí.
- Bodovací metoda.
- Metoda párového srovnání kritérií – Fullerova metoda.
- Metoda kvantitativního párového srovnání kritérií.
- Určení vah z geometrického průměru řádků.
- Saatyho metoda určování vah kritérií.

Metoda pořadí

Tato metoda vyžaduje pouze ordinální informaci, tedy stanovení pořadí kritérií podle důležitosti. Uspořádaným kritériím jsou přiřazena přirozená čísla $k, \dots, 1$. Nejdůležitějšímu kritériu je přiřazeno číslo k (počet kritérií), druhému nejdůležitějšímu $k-1$, až nejméně důležitému kritériu číslo 1. Tyto hodnoty jsou pro každé kritérium vyjádřeny v proměnné b_i . Váha i -tého kritéria se pak vypočte dle vzorce:

$$w_i = \frac{b_i}{\sum_{i=A}^D b_i} \quad (6.14)$$

Pro případ kdy jsou uvažována 4 kritéria vychází, za předpokladu dodržení důležitosti dle uvedeného pořadí kritérií ($A = 4, B = 3, C = 2, D = 1$), podle vztahu (6.14) následující váhy kritérií: $w_A = 0,4; w_B = 0,3; w_C = 0,2; w_D = 0,1$.

Metoda párového srovnání kritérií – Fullerova metoda

Informace o způsobu výpočtu pomocí této metody jsou uvedeny v kapitole 5.1.2. Váha i -tého kritéria se pak vypočte podle vzorce (6.15). V případě, kdy mají být eliminovány nulové váhy, zvyšuje se v případě potřeby každý počet zakroužkovaných čísel o jedničku a musí se odpovídajícím způsobem zvýšit i hodnota jmenovatele ve vzorci (6.15). V proměnné n_i je

informace o počtu výběru daného kritéria, v proměnné N je potom informace o celkovém počtu výběru všech kritérií.

$$w_i = \frac{n_i}{N} \quad (6.15)$$

Pro porovnání kritérií A – D vypadá vyhodnocení Fullerovy metody takto:

$$\begin{array}{ccc} \textcircled{A} & \textcircled{A} & \textcircled{A} \\ \textcircled{B} & C & D \\ \hline & \textcircled{B} & \textcircled{B} \\ & C & D \\ \hline & & \textcircled{C} \\ & & D \end{array} \quad (6.16)$$

Kritérium A je dvakrát jako jednoznačně důležitější (2 body), jednou potom jako stejně důležité jako kritérium B (0,5 bodu). Tímto způsobem lze získat hodnoty $n_A = 2,5$ bodu, $n_B = 2,5$ bodu, $n_C = 1$ bod. Aby byla vyjádřena i váha kritéria D , je navýšena hodnota všech součtů n_i o 1 bod. Tím vychází finální hodnoty $n_A = 3,5$ bodu, $n_B = 3,5$ bodu, $n_C = 2$ body, $n_D = 1$ bod.

Váhy kritérií potom dle vztahu (6.15) vychází: $w_A = 0,35$; $w_B = 0,35$; $w_C = 0,2$; $w_D = 0,1$.

Metody kvantitativního párového srovnání kritérií

Tato metoda staví na matici párových srovnání $S = (s_{ij})$, kdy $i, j = 1, 2, \dots, k$, přičemž se často používá stupnice 1–9 a reciproční hodnoty.

Sestavení Saatyho matice je subjektivní záležitostí a je tedy poměrně složité ji sestavit tak, aby vypočtené váhy vykazovaly dobré výsledky.

Z celé řady sestavených a následně vyhodnocených matic vykazuje, pro použitá data, nejlepší výsledky právě tato matice:

$$\begin{array}{c|cccc} & A & B & C & D \\ \hline A & 1 & 1 & 9 & 9 \\ B & 1 & 1 & 9 & 9 \\ C & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & 1 & 9 \\ D & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & 1 \end{array} \quad (6.17)$$

Po sestavení Saatyho matice je nutné aplikovat některou z těchto metod pro výpočet vah kritérií A – D , např.:

- Metodu geometrického průměru řádků, kdy je vypočten geometrický průměr každého řádku i podle vztahu $g_i = \sqrt[k]{\prod_{j=1}^k s_{ij}}$ a následně jsou normalizací získány hodnoty vah kritérií. Pro matici (6.17) výpočet poskytuje tyto váhy kritérií: $w_A = 0,4431$; $w_B = 0,4431$; $w_C = 0,0853$; $w_D = 0,0284$.
- Saatyho metodu, kdy postup pro odvození vah kritérií z matice párových porovnání spočívá ve výpočtu vlastního vektoru matice S .

Po dosazení matice (6.17) do vztahu (5.8) vychází tyto váhy kritérií: $w_A = 0,4357$; $w_B = 0,4357$; $w_C = 0,0991$; $w_D = 0,0295$.

Vyhodnocení metod vícekritériálního hodnocení variant na konkrétních situacích

Všech 671 uvažovaných dopravních situací (odpovídají jedenácti vlakům v ranní dopravní špičce) bylo expertně vyhodnoceno a následně podrobeno vyhodnocení při využití uvedených metod vícekritériálního hodnocení variant. Do vyhodnocení byla zahrnuta metoda pořadí, Fullerova metoda, metoda geometrického průměru a také Saatyho metoda.

Tabulka 6.3: Porovnání úspěšnosti jednotlivých metod vícekritériálního hodnocení variant.

Metoda \ váhy kritérií	Váhy kritérií				úspěšnost [%]
	A	B	C	D	
Metoda pořadí	0,40	0,30	0,20	0,10	91,50
Fullerova metoda	0,35	0,35	0,20	0,10	94,19
Geometrický průměr řádků	0,4431	0,4431	0,0853	0,0284	93,30
Saatyho metoda	0,4357	0,4357	0,0991	0,0295	99,70

Detailní přehled výsledků pro uvažované dopravní situace je uveden v příloze B. V tabulce 6.4 je uveden způsob vyhodnocení nevhodnější koleje pro jeden příklad dopravní situace z příkladů uvedených v kapitole 6.6.2. V této tabulce je tučným písmem nejprve zvýrazněna kolej, která by byla vybrána dopravním expertem a v řádcích, které přísluší metodám vícekritériálního hodnocení je tučným písmem zvýrazněna ta kolej, která by byla vybrána na základě uplatnění příslušné metody.

Tabulka 6.4: Výsledky metod vícekritériálního hodnocení variant pro R 424 v případě, kdy je zpožděn o 20 minut.

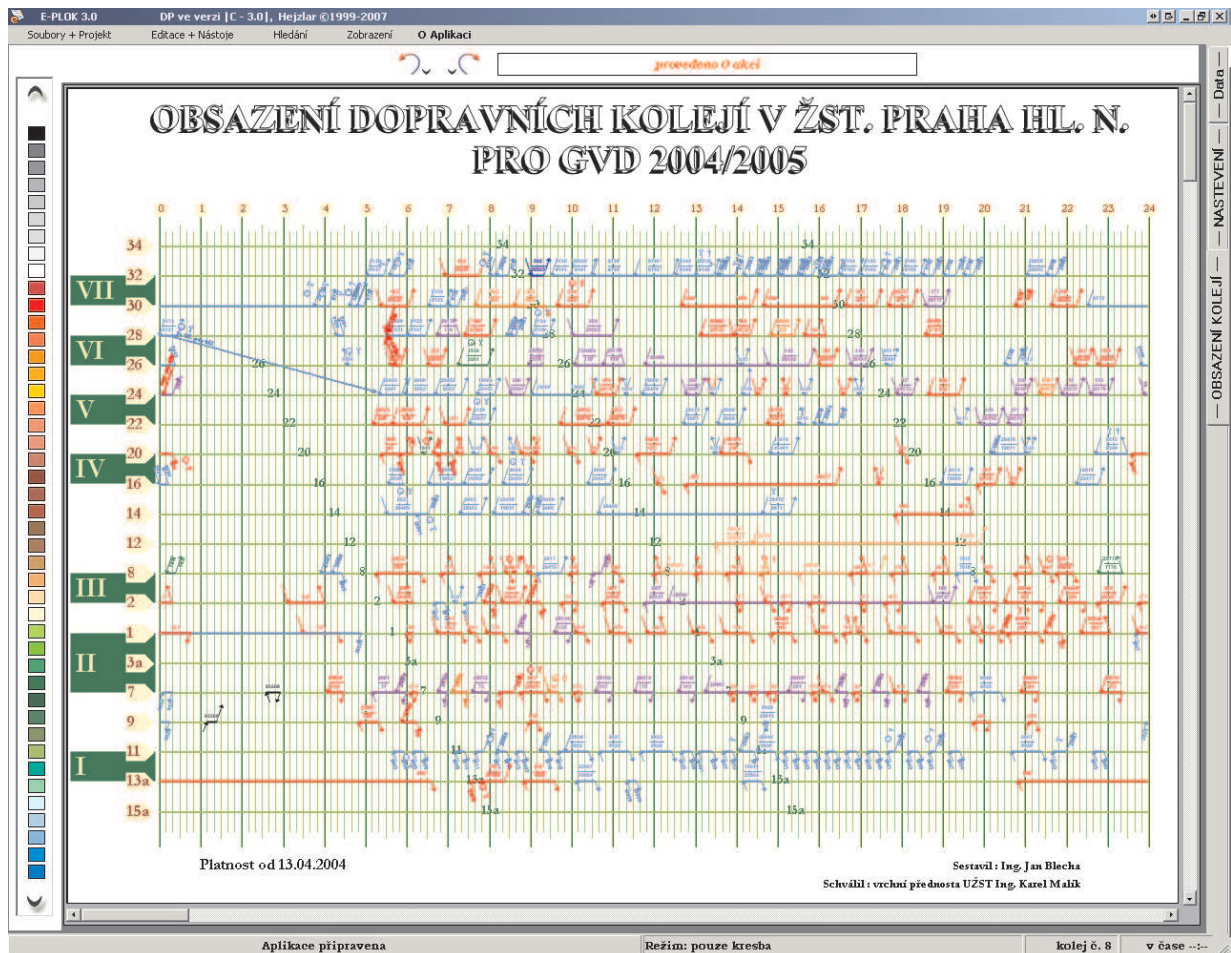
Kritérium	k_9	k_7	k_1	k_2	k_8	k_{12}	k_{14}	k_{16}
A	1,00	0,00	0,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
B	1,00	0,00	0,13	0,04	0,46	1,00	0,23	0,33
C	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	0,20	0,25	0,30	0,45	0,50	0,10	0,15	0,65
Metoda pořadí	0,7200	0,2250	0,1875	0,4575	0,5875	0,7100	0,0838	0,1650
Fullerova metoda	0,7200	0,2250	0,1875	0,4575	0,5875	0,7100	0,0838	0,1650
Met. geom. průměru	0,8919	0,0924	0,1968	0,4743	0,6604	0,8890	0,1058	0,1662
Saatyho metoda	0,8919	0,0924	0,1968	0,4743	0,6604	0,8890	0,1058	0,1662

Kritérium	k_{20}	k_{22}	k_{24}	k_{26}	k_{28}	k_{30}	k_{32}
A	0,00	0,00	0,30	0,00	0,50	0,80	1,00
B	0,17	0,02	0,33	1,00	0,00	0,33	0,79
C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
Metoda pořadí	0,1200	0,0813	0,3000	0,3850	0,2900	0,5150	0,7375
Fullerova metoda	0,1200	0,0813	0,3000	0,3850	0,2900	0,5150	0,7375
Met. geom. průměru	0,0937	0,0305	0,3034	0,4672	0,2471	0,5292	0,8223
Saatyho metoda	0,0937	0,0305	0,3034	0,4672	0,2471	0,5292	0,8223

Přehled o hodnotách vah kritérií a procentuální úspěšnosti jednotlivých metod vzhledem k rozhodnutím experta jsou uvedeny v tabulce 6.3.

Základním materiálem pro výpočet kritérií A a B je „Plán obsazení kolejí“, který se sestavuje pro každou větší osobní stanici. Pro každou dopravní kolej ve stanici jsou k dispozici

údaje o jejím obsazení vlaky s krokem jedné minuty. Nástrojem pro sestavu plánů obsazení kolejí ve stanicích s využitím výpočetní techniky se zabývá práce [26]. Náhled na výsledný produkt je uveden na obrázku 6.16. Tento nástroj se rovněž ukázal jako vhodný prostředek pro generování hodnot kritérií A a B , přičemž pro vyhodnocování zpoždění vlaků z více směrů v rámci simulačního modelu je vhodné vést průběžné plnění plánu obsazení kolejí.



Obrázek 6.16: Nástroj pro tvorbu „Plánu obsazení kolejí“. Zdroj: [26].

Generováním kritériálních matic na základě „Plánu obsazení kolejí“ a vyhodnocením dalších výsledků při využití matematických metod se zabývá diplomová práce [16]. V této práci byla využita metodika výpočtu kritériálních matic, která je popsána v kapitole 6.6.1.

Autor této diplomové práce se zaměřil na určování nástupištní koleje pro žst. Praha hlavní nádraží pro období platnosti GVD 2004/2005 (stejně jako v rámci případové studie uvedené v této práci) pouze s tím rozdílem, že byly posuzovány vlaky dálkové dopravy přijíždějící z jiných směrů a také v jiném časovém období dne. V rámci této práce bylo celkem vyhodnoceno 14 vlaků s uvažovaným zpožděním v intervalu 1–60 minut. Celkem tedy bylo vyhodnoceno 840 případů.

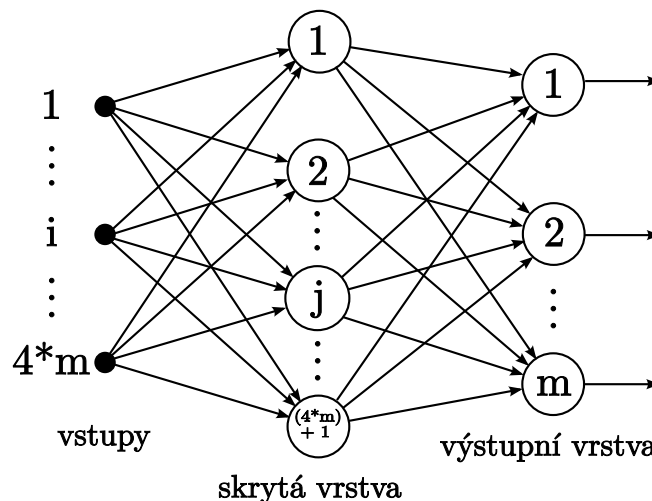
Dosažené výsledky jsou podobné výsledkům prezentovaným v tabulce 6.3, metoda pořadí dosáhla úspěšnosti 91 %, Fullerova metoda úspěšnosti 93 % a Saatyho metoda úspěšnosti 95 %.

6.6.4 Řešení s využitím umělých neuronových sítí

V této kapitole je zaměřena pozornost na umělé neuronové sítě s učitelem [48], které představují jeden z možných způsobů, jak přistoupit k řešení výše uvedeného problému. Výhodou tohoto typu neuronových sítí je vytvoření trénovacích vzorů - provozních situací i s odpovídajícími výstupy (řešeními provozních situací), přičemž tyto vzory lze považovat za situace posouzené expertem a je tedy předpoklad správného vyhodnocení uvažovaných situací.

Zásadním problémem při práci s neuronovými sítěmi je výběr typu neuronové sítě, přičemž je poměrně obtížné předem určit typ sítě, která bude pro daný problém vhodná a bude poskytovat relevantní výsledky. Pro řešení uvedeného problému připadalo v úvahu několik typů neuronové sítě (např. dopředná neuronová síť, jednovrstvá neuronová síť typu perceptron, případně vícevrstvá síť typu perceptron), přičemž po řadě experimentů vykazovala nejlepší výsledky dvojevrstvá neuronová síť typu perceptron.

Dalším problémem souvisejícím s řešením pomocí umělé neuronové sítě bylo správné formátování vstupů a výstupů neuronové sítě. Po řadě neúspěšných pokusů s přiložením kriteriální matice na vstupy neuronové sítě bylo přistoupeno k převodu kriteriální matice na sloupcový vektor. Po tomto převodu jsou již vstupy matice správně zpracovány neuronovou sítí.



Obrázek 6.17: Zjednodušené schematické znázornění použité neuronové sítě

Podobným problémem bylo také formátování výstupů. Výstupy byly rovněž převedeny na sloupcový vektor, v němž jsou ohodnocení jednotlivých kolejí zpracovány tak, že kolej která by měla být vybrána má hodnotu 1, ostatní koleje hodnotu 0.

Řešení celého problému lze rozdělit do následujících etap:

1. Získání znalostí o problematice přidělování nástupištních kolejí příjezdějícímu vlaku.
2. Specifikace metod pro výpočet hodnot kritérií $A-D$.
3. Výpočet kriteriálních matic (s využitím kritérií $A-D$) pro různé dopravní situace.
4. Rozdělení dat do disjunktních množin (rozdělení na trénovací a testovací data).
5. Učení vybrané neuronové sítě na data z trénovací množiny.
6. Vyhodnocení chování neuronové sítě s využitím dat z testovací množiny.

Tabulka 6.5: Kolej vybraná umělou neuronovou sítí pro R 424 v případě, kdy je zpožděn o 20 minut.

Kritérium	k_9	k_7	k_1	k_2	k_8	k_{12}	k_{14}	k_{16}
A	1,00	0,00	0,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
B	1,00	0,00	0,13	0,04	0,46	1,00	0,23	0,33
C	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	0,20	0,25	0,30	0,45	0,50	0,10	0,15	0,65
NN	0,9208	0,0064	0,0418	0,0076	0,0054	0,0113	-0,0016	-0,0075

Kritérium	k_{20}	k_{22}	k_{24}	k_{26}	k_{28}	k_{30}	k_{32}
A	0,00	0,00	0,30	0,00	0,50	0,80	1,00
B	0,17	0,02	0,33	1,00	0,00	0,33	0,79
C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
NN	-0,0082	-0,0083	0,0003	0,0311	0,0057	0,0082	0,0053

Parametrizace neuronové sítě

Pro přidělování nástupištní koleje byla použita dvouvrstvá neuronová síť typu perceptron. Vícevrstvá perceptronová síť patří mezi nejznámější a nejpoužívanější neuronové sítě [48]. Tento typ sítě pracuje s učitelem, tj. trénovací vzory musí kromě vstupních hodnot obsahovat i hodnoty příslušných výstupů.

Počet vstupů zmíněného typu neuronové sítě je odvozen od:

- počtu kolejí v množině přípustných kolejí pro uvažovaný zpožděný příjíždějící vlak, v souladu s maticí (6.9) se jedná o hodnotu m ,
- počtu kritérií (kritéria jsou čtyři, $A-D$), podle nichž dochází k vyhodnocování uvažovaných kolejí.

Obecně lze počet vstupů neuronové sítě vypočítat jako součin počtu kolejí m v množině přípustných kolejí a počtu kritérií.

Počet neuronů ve skryté vrstvě není pevně dán, dle [44] se počet neuronů v této vrstvě volí o něco více, než jaký je počet vstupů. S tímto parametrem je možné dále pracovat, tzn. že je možná další optimalizace počtu neuronů v této vrstvě neuronové sítě. V rámci případové studie bylo uvažováno s případem, kdy počet neuronů ve skryté vrstvě je o jeden větší než je počet vstupů, což je znázorněno na obrázku 6.17.

Neuronová síť byla implementována ve výpočetním prostředí systému MATLAB s využitím Neural Network Toolboxu. Struktura použité neuronové sítě je patrná je z obrázku 6.18.

Na obrázcích 6.19 a 6.20 je zobrazena parametrizace první a druhé vrstvy neuronové sítě.

Pro demonstraci vyhodnocování umělé neuronové sítě byly zvoleny stejné příklady jako v kapitole 6.6.2, koleje vybrané neuronovou sítí jsou v tabulkách 6.5 a 6.6 zvýrazněny tučně. Tabulky jsou doplněny o řádek NN , který vyjadřuje vhodnost koleje. Tato vhodnost koleje je vyjádřena výstupní hodnotou neuronové sítě, přičemž k výpočtu této hodnoty dochází na základě uplatnění vnitřních vah neuronové sítě na její vstupy.

Množina použitých dat (odrážejících 671 dob zpoždění u vybraných 11 vlaků) byla rozdělena na dvě disjunktní podmnožiny (trénovací a testovací) o přibližně stejné mohutnosti:

```

Neural Network object:

architecture:

    numInputs: 1
    numLayers: 2
    biasConnect: [1; 1]
    inputConnect: [1; 0]
    layerConnect: [0 0; 1 0]
    outputConnect: [0 1]
    targetConnect: [0 1]

    numOutputs: 1 (read-only)
    numTargets: 1 (read-only)
    numInputDelays: 0 (read-only)
    numLayerDelays: 0 (read-only)

subobject structures:

    inputs: {1x1 cell} of inputs
    layers: {2x1 cell} of layers
    outputs: {1x2 cell} containing 1 output
    targets: {1x2 cell} containing 1 target
    biases: {2x1 cell} containing 2 biases
    inputWeights: {2x1 cell} containing 1 input weight
    layerWeights: {2x2 cell} containing 1 layer weight

functions:

    adaptFcn: 'trains'
    gradientFcn: 'calcgrad'
    initFcn: 'initlay'
    performFcn: 'mse'
    trainFcn: 'traingdx'

parameters:

    adaptParam: .passes
    gradientParam: (none)
    initParam: (none)
    performParam: (none)
    trainParam: .epochs, .goal, .lr, .lr_dec,
                .lr_inc, .max_fail, .max_perf_inc, .mc,
                .min_grad, .show, .time

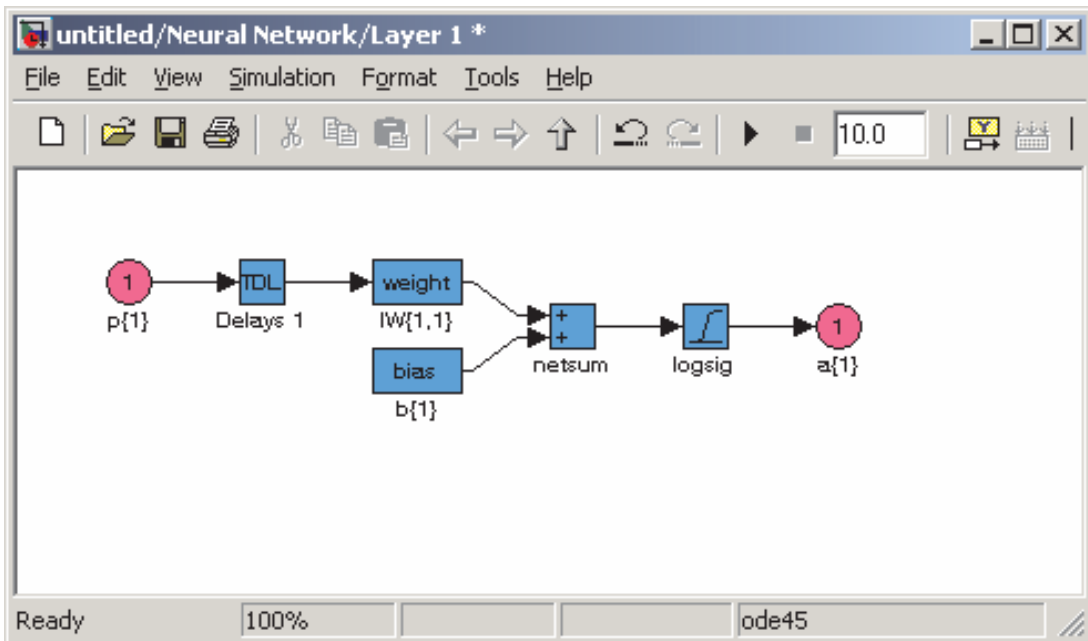
```

Obrázek 6.18: Struktura použité neuronové sítě ve výpočetním prostředí MATLAB.

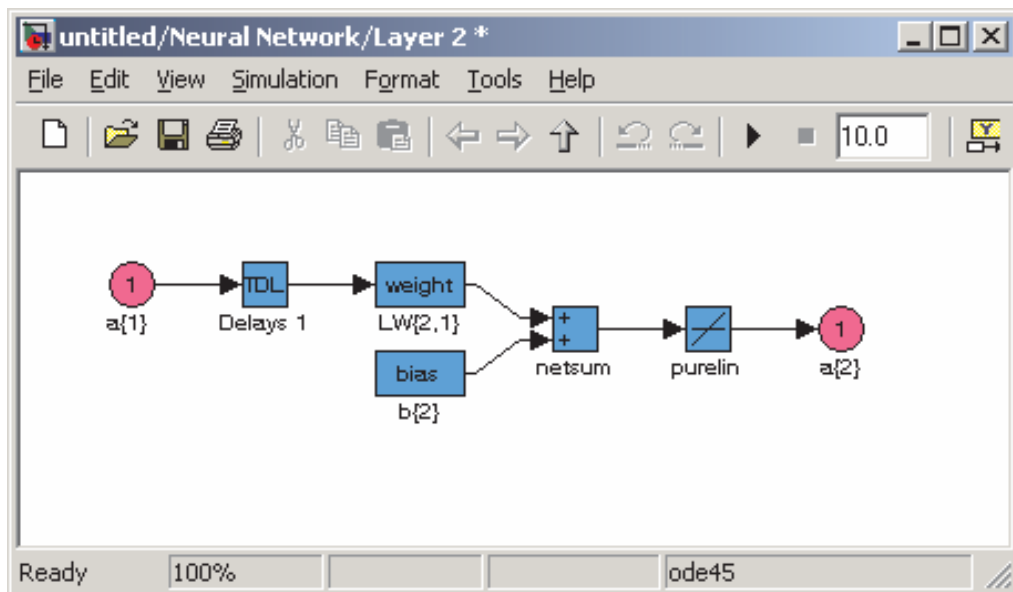
1. *Trénovací množina* (obsahující 336 prvků) reflektuje odlišná zpoždění u zkoumaných vlaků s časovým krokem 2 minuty (bylo uplatněno systematické vzorkování).
2. *Testovací množina* (sestavající z 335 prvků) je zkonstruována analogickým způsobem, přičemž data v ní obsažená jsou fázově posunuta o 1 minutu vůči datům trénovacím.

Neuronová síť byla nejprve učena na trénovací data. Po úspěšném procesu učení neuronové sítě (neuronová síť se po určitém počtu epoch dokázala naučit všechny vzory z trénovací množiny) přišlo na řadu její testování. Při testování dokázala neuronová síť přidělit kolej u nástupiště dle představ experta v 95 % případů z testovací množiny (obrázek 6.21). Ve zbývajících 5 % případů došlo k přidělení koleje, kterou by expert nevybral, nicméně přidělená kolej by stále velmi dobře vyhovovala přijíždějícímu vlaku.

Proces testování tedy ukázal, že neuronová síť dokázala velmi dobře rozhodovat o přidělení koleje u testovacích dat aniž by na ně byla naučena, tj. byla schopna zobecnit naučená pravidla, což je žádoucí stav [3].



Obrázek 6.19: Parametrizace první vrstvy použité neuronové sítě.

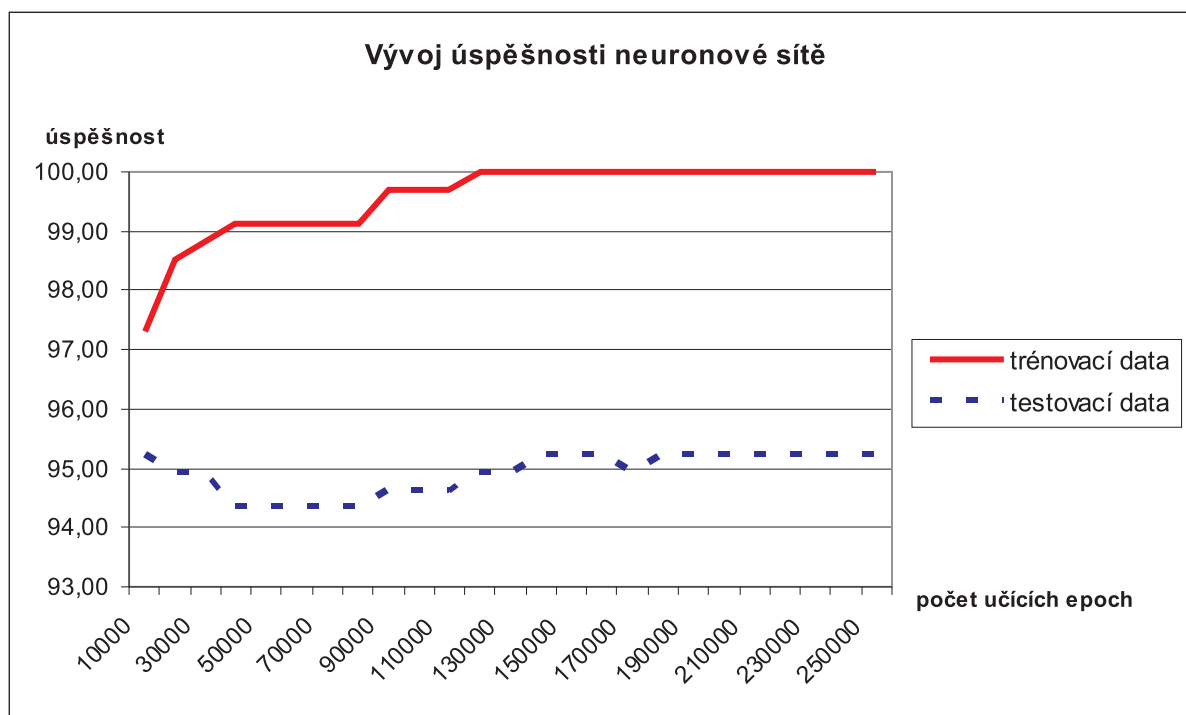


Obrázek 6.20: Parametrizace druhé vrstvy použité neuronové sítě.

Tabulka 6.6: Kolej vybraná umělou neuronovou sítí pro R 424 v případě, kdy je zpožděn o 8 minut.

Kritérium	k_9	k_7	k_1	k_2	k_8	k_{12}	k_{14}	k_{16}
A	1,00	0,00	0,00	1,00	0,10	1,00	1,00	0,00
B	1,00	0,00	0,13	0,00	0,58	1,00	0,13	0,33
C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	0,20	0,25	0,30	0,45	0,50	0,10	0,15	0,65
NN	0,0393	-0,0022	0,0236	0,0038	0,0039	-0,0450	0,0030	-0,0005

Kritérium	k_{20}	k_{22}	k_{24}	k_{26}	k_{28}	k_{30}	k_{32}
A	0,60	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00
B	0,00	0,02	0,33	0,06	0,00	0,35	1,00
C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
NN	0,0048	0,0339	0,0010	-0,0075	0,0012	-0,0017	0,9552



Obrázek 6.21: Graf vývoje úspěšnosti neuronové sítě v závislosti na počtu učicích epoch.

6.7 Shrnutí přínosů k metodikám výstavby simulačních modelů osobních železničních stanic

Uvedená řešení rozhodovacích problémů lze úspěšně využít v mikroskopických simulačních modelech osobních železničních stanic v případech, kdy je uvažován příjezd zpožděných vlaků. Problematika rozhodování o přidělení náhradní nástupištní koleje je alternativně vyřešena dvěma přístupy a to jednak s využitím metod vícekriteriální analýzy a dále potom s využitím neuronových sítí. Oba tyto přístupy vykazují velmi dobré výsledky a nabízí se tedy otázka za jakých okolností kterou metodu využít.

Metody vícekriteriálního hodnocení variant jsou výhodné v těch případech, kdy je požadavek na získání řešení během krátkého času (např. k limitované době pro řešení projektu) i za cenu nižší úspěšnosti. Při použití základních metod vícekriteriální analýzy stačí pouze zvolit pořadí kritérií, kritéria ohodnotit pomocí bodů nebo využít Fullerovy metody. Tyto metody poskytují, vzhledem ke své jednoduchosti a tudíž minimální časové náročnosti, poměrně zajímavé výsledky. Pokročilejší metody vícekriteriální analýzy již nejsou tak jednoduché a příprava dat pro ně je již časově poměrně náročnou záležitostí, zato však poskytují velmi dobré výsledky. Pokud je ambicí získat lepší výsledky než u základních metod, je nutné procesu přípravy dat věnovat značné úsilí.

Při uplatnění umělých neuronových sítí vzniká řada problémů s výběrem typu neuronové sítě a jejích parametrů, což je poměrně náročná záležitost nejen z časového hlediska, ale také z hlediska znalostí problematiky neuronových sítí. Další poměrně komplikovanou záležitostí je výběr dat pro učení neuronové sítě. Pakliže jsou všechny tyto záležitosti vyřešeny, tento způsob přidělování koleje poskytuje velmi dobré výsledky s potenciálem dalšího zlepšování úspěšnosti v závislosti na parametrizaci (druh neuronové sítě, počet vrstev neuronové sítě, počty neuronů v jednotlivých vrstvách, volbě přenosových funkcí apod.) a naučení sítě (trénovacích datech, počtu epoch).

Algoritmus navržený v kapitole 6.3 byl úspěšně implementován do simulačního nástroje Villon, v jehož rámci lze nyní budovat simulační modely osobních železničních stanic i se zahrnutím vazeb mezi přípojnými vlaky. Tento vývoj tak umožňuje lépe simulovat stochastické procesy a umožňuje provádět příslušné simulační experimenty i s vyhodnocováním jejich výsledků. V současné době je tedy možné tento simulační nástroj využít pro zkoumání vlivu příjezdu zpožděných vlaků i s případným dopadem na přípojné vlaky v uvažované železniční stanici. Díky implementaci uvedeného algoritmu je rovněž možná optimalizace čekacích dob přípojných vlaků a sledování změn využívání obslužných zdrojů (kolejí, zhlaví, hnacích vozidel, personálu) v závislosti na vstupních stochastických parametrech.

7 Závěr

V rámci této práce se podařilo navrhnout algoritmus zabývající se problematikou rozhodování čekání přípojných vlaků na příjíždějící zpožděné vlaky. Tento algoritmus byl již také úspěšně implementován do simulačního nástroje Villon a umožňuje tak vytváření simulačních studií se zahrnutím vazeb mezi vlaky. Význam tohoto algoritmu spočívá zejména v přiblížení simulačních modelů osobních železničních stanic reálnému provozu. Dalším potenciálním uplatněním tohoto algoritmu je nasazení do provozu jako podpora pro dispečerské řízení. V současné době jsou totiž řídicí pracovníci odkázáni na knižní pomůcky GVD, což může být, v podmínkách velkých osobních železničních stanic, problematickou a časově náročnou záležitostí.

Dalším řešeným problémem je přidělení náhradní nástupištní koleje pro příjíždějící zpožděný vlak. V této oblasti byly ověřeny dva základní přístupy k řešení tohoto problému. Jednak způsob spočívající v analýze historických provozních dat a dále přístup založený na znalosti práce dispečerů. První přístup se ukázal být problematický z pohledu získávání a analýzy dat, což bylo podnětem pro výzkum a ověření přístupu bez nároku na analýzu historických provozních dat. Tento přístup poskytuje velmi dobré výsledky vzhledem k času potřebnému pro přípravu dat a je obecně použitelný pro jakoukoliv osobní železniční stanici. Při uplatnění matematických metod pro určení vah kritérií byly dosaženy výsledky srovnatelné s umělými neuronovými sítěmi, pro další zvyšování úspěšnosti při určování kolejí mají ale větší potenciál umělé neuronové sítě – lze je dále učit na situace, které nebyly vyhodnoceny v souladu s rozhodnutím experta.

Navzdory skutečnosti, že vyvinutá metodika aktuálně počítá se zpožděním vlaků pouze z jednoho příjezdového směru, je její přínos pro vybrané případy zkoumání (využívající příslušný simulační model) značný. Jako příklad lze uvést zkoumání stanic, kde ke zpožděním dochází (např. z důvodu dlouhodobější realizace rekonstrukčních či modernizačních prací na příslušné železniční trati) zejména v jednom příjezdovém směru. Ostatní příjezdové směry jsou příjezdy zpožděných vlaků zatěžovány pouze minimálně, a tudíž je lze (samozřejmě po příslušném expertním posouzení) v odpovídajícím simulačním modelu zanedbat. Pro případy tohoto typu je stávající metodika velmi dobře využitelná, přispívá ke zvyšování kvality relevantních simulačních modelů a následným efektem je rostoucí kvalita příslušných simulačních studií pro železniční společnosti.

Aktuální výzkum se zaměřuje na rozšíření stávající metodiky o zahrnutí možnosti příjezdu zpožděných vlaků z libovolného počtu příjezdových směrů do dané osobní železniční stanice. Pro tento případ je třeba počítat s natrénováním neuronových sítí pro každý příjezdový směr, přičemž při jejich využívání v rámci simulačního výpočtu, resp. reálného provozu je nutné udržovat aktuální plán obsazení kolejí, který se průběžně mění s ohledem na aktuální výskyty zpoždění vlaků (z více směrů) na příjezdu do stanice. Tento dynamický plán reprezentuje sdílenou datovou základnu, která je ve své aktuální podobě základem pro výpočty hodnot kritériálních matic – vstupů neuronové sítě. Dynamický plán je potom aktualizován na základě příslušného výstupu uvažované neuronové sítě (určené koleje pro přiřazení příjíždějícímu vlaku).

Uvedené přístupy založené na využívání matematických metod vícekritériálního hodnocení variant a umělých neuronových sítí jsou primárně navrhovány pro aplikaci v simulačních modelech osobních stanic, nicméně mají rovněž potenciál pro využití i v rámci řídicích či informačních systémů pro podporu dispečerského řízení ve zmíněném typu stanic.

Literatura

- [1] BANKS, J. *Handbook of Simulation*. New York: John Wiley & Sons, 1998. 850s. ISBN 0-471-13403-1.
- [2] BAŽANT, M. Metodika určování náhradní nástupištní koleje pro přijíždějící zpožděný vlak. In *INFOTRANS 2007*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2007, s. 57—62. ISBN 978-80-7194-989-3.
- [3] BAŽANT, M., KAVIČKA A. Přidělování nástupištních kolejí v modelu železniční stanice s využitím neuronové sítě. *Automa - časopis pro automatizační techniku*. 2008/11. Praha: FCC Public, 2008. s. 64—68. ISSN 1210-9592.
- [4] BAŽANT, M., KAVIČKA, A. Simulation Model of Prague Main Station (Praha hl.n.). In *Proceeding of international symposium „ŽEL 2005“*, University of Žilina, Žilina, 2005, pp. 18—22, ISBN 80-8070-400-7.
- [5] BAŽANT, Michael, ŽARNAY Michal. Formalizace řešení přidělení náhradní nástupištní koleje pro zpožděný vlak. In *Sborník příspěvků konference INFO-TRANS 2005*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2005, s. 29—34. ISBN 80-7194-792-X.
- [6] BAŽANT, Michael, ŽARNAY Michal. Modelování situací vznikajících při zpoždění vlaků v osobních železničních stanicích. In *Dopravní systémy 2005*. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2005, s. 248—256. ISBN 80-7194-805-5.
- [7] BAŽANT, Michael, ŽARNAY Michal. Simulation Model of Train Connections for Delayed Trains in Passenger Stations. In *Proceeding of international symposium „ŽEL 2005“*. University of Žilina, Žilina, 2005, pp. 142—147. ISBN 80-8070-400-7.
- [8] BAŽANT, Michael. Simulační model osobní železniční stanice. In *Věda o dopravě*. Praha : ČVUT, 2004. s. 113—117. ISBN 80-01-03047-4.
- [9] BILLIONNET, A. Using integer programming to solve the train-platforming problem. *Transportation Science*, 2003, 37 (2), 213—222.
- [10] BULÍČEK, J. *Provozní posouzení alternativních počtů nástupišť v železniční stanici Plzeň hl. n.* Pardubice : Univerzita Pardubice, 2006. 71 s. Vedoucí diplomové práce Antonín Kavička.
- [11] BUSHELL, Chris. *Railway Directory 2002*. Surrey : Reed Business Publishing, 2001. 670 s. ISBN 0-617-01295.
- [12] CAREY, M., CARVILLE, S. Scheduling and platforming trains at busy complex stations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2003, 37 (3), 195—224.
- [13] ČERNÝ, Jan, ČERNÁ, Anna. *Teorie řízení a rozhodování v dopravních systémech*. 1. vyd. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2004. 150 s. ISBN 80-86530-15.
- [14] ČERNÝ, Ján, KLUVÁNEK, Pavol. *Základy matematickej teórie dopravy*. Bratislava : VEDA, 1991. 280 s. ISBN 80-224-0099-8.

- [15] Česká republika, Ministerstvo dopravy: *Dopravní politika České republiky pro léta 2005--2013*. Praha : [s. n.], 2005. 60 s.
- [16] ČESNEK, M. *Metody určování nástupištní koleje pro zpožděný přijíždějící vlak v osobních železničních stanicích s využitím výpočetní techniky*. Pardubice, 2008. 81 s. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera. Vedoucí diplomové práce Ing. Michael Bažant.
- [17] ČEŠKA, Milan. *Petriho síť*. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 1994. 94 s. ISBN 8-085-86735-4.
- [18] DRÁBEK, O., SEIDL, P., TAUFER, I. Umělé neuronové sítě – základy teorie a aplikace (1). *CHEMmagazín: časopis pro chemicko-technologickou a laboratorní praxi*, srpen 2005, roč. XIV, č. 4, s. 32–34. ISSN: 1210-7409.
- [19] *Energy & Transport: Figures and Main Facts*. Brusel: European Commission, 2004. Strana 120. [online] dostupný z [www: <http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/figures/pocketbook/2007_en.htm>](http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/figures/pocketbook/2007_en.htm)[cit. 2006-04-14].
- [20] *European energy and transport: Trends to 2030 - Update 2007*. Brusel: European Commission, 2003. [online] dostupný z [www: <http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/figures/trends_2030_update_2007/index_en.htm>](http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/figures/trends_2030_update_2007/index_en.htm)[cit. 2006-04-14]
- [21] FAUSETT, L. *Fundamentals of Neural Networks, Architectures, Algorithms And Applications*. New Jersey : Prentice Hall International, 1993. 461 str. ISBN 978-0133341867.
- [22] FIALA, P., JABLONSKÝ, F., MAŇAS M. *Vícekritériální rozhodování*. Praha : Vysoká škola ekonomická v Praze, 1994. 316 str. ISBN 80-7079-748-7.
- [23] FIGUEIRA, J., GRECO, S., EHRGOTT, M. *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. New York : Springer. 1045 pp. ISBN: 978-0387230672.
- [24] FLODR, František. *Dopravní provoz železnic: technologie železničních stanic*. 1. vyd. Bratislava : Alfa, 1990. 315 s. ISBN 80-05-00598-9.
- [25] FOTR, J., ŠVECOVÁ, L., DĚDINA, J., HRŮZOVÁ, H., RICHTER, J., *Manažerské rozhodování*. Praha : Ekopress, s. r. o., 2006. 409 str. ISBN 80-86929-15-9.
- [26] HEJZLAR J. *Sestava plánů obsazení kolejí v osobních železničních stanicích*. Pardubice, 2007. 67 s. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera. Vedoucí diplomové práce Ing. Michael Bažant.
- [27] HENDRYCH, Josef. Simulace dopravních procesů v uzlu Plzeň. In *INFOTRANS 2005*. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2005. s. 107–109. ISBN 80-7194-792-X.
- [28] CHAKROBORTY, P., DURGESH, V. Optimum assignment of trains to platforms under partial schedule compliance. *Transportation Research Part B: Methodological*, 2008, 42 (2), 169–184.

- [29] JENSEN, K. *Coloured Petri Nets: Basic Concepts, Analysis Method and Practical Use. Volume 1*. New York : Springer, 1997. 234 pp. ISBN: 978-3540609438.
- [30] JIRSÁK, Zbyněk a kol. *Železničné stanice a uzly*. 1. vyd. Bratislava : [s.n.], 1979. 481 s.
- [31] KAVIČKA A., BAŽANT M. Návrh infraštruktúry železničných uzlů: část 1. *AUTOMA*, červen 2007, číslo 6, s. 5–6. ISSN 1210-9592.
- [32] KAVIČKA A., BAŽANT M. Návrh infraštruktúry železničných uzlů: část 2. *AUTOMA*, září 2007, číslo 8–9, s. 102–104. ISSN 1210-9592.
- [33] KAVIČKA, A., KLIMA V., ADAMKO N. *Simulations of Transportation Logistic Systems utilizing Agent-Based Architecture*. International Journal of Simulation Modelling, Volume 6, Number 1, March 2007, pp. 13–24, ISSN 1726-4529.
- [34] KAVIČKA, A., KLIMA, V., ADAMKO, N. *Agentovo orientovaná simulácia dopravných uzlov*. Žilina : Žilinská univerzita, 2005. 206 str. ISBN: 80-8070-477-5.
- [35] KAVIČKA, Antonín, KLIMA, Valent, ADAMKO, Norbert. *Agentovo orientovaná simulácia dopravných uzlov*. Žilina : Žilinská univerzita, 2005. 206 s. ISBN 80-8070-477-5.
- [36] KELTON , W. a kol. *Simulation with Arena*. New York : McGraw-Hill, 2004. 668 s. ISBN: 0-07-291981-7.
- [37] KINDLER, E., KŘIVÝ, I., TANGUY, A. Taxonomy of nesting simulation models according to three criteria: number of nested models, level of nesting, reflectivity. In *Proceedings of ASIS 2003*. Ostrava : MARQ, 2003, s. 353—364. ISBN 80-85988-88-7.
- [38] KINDLER, Evžen. *Simulační programovací jazyky*. 1. vydání. Praha : SNTL, 1980. 280 s.
- [39] KLIMA, Valent, KAVIČKA, Antonín. Simulačná podpora plánovania procesov v železničných uzloch. In *Dopravní systémy 2005*. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2005. s. 277–288. ISBN 80-7194-805-5.
- [40] Kolektiv autorů. Dohoda o chápání pojmu simulace systému. *Automatizace*. 1986, roč. 29, č. 12, s. 299–300.
- [41] KOLLÁR B. *Model na overovanie rozhodnutí pri riadení pohybov vlakov*. Žilina, 2005. 42 s. Žilinská univerzita v Žilíně, Fakulta riadenia a informatiky. Vedoucí diplomové práce Ing. Michal Žarnay.
- [42] KŘIVÝ, Ivan, KINDLER, Evžen. *Simulace a modelování*. Ostrava : Ostravská univerzita, 2001. 146 s.
- [43] KUBÁT, Bohumil, TÝFA, Lukáš. *Železniční tratě a stanice*. 2. vyd. Praha : ČVUT, 2003. 208 s. ISBN 80-01-02782-1.
- [44] MAŘÍK, V., ŠTĚPÁNKOVÁ, O., LAŽANSKÝ, J. a kol. *Umělá inteligence (4)*. Praha : Academia, 2003. 475 str. ISBN 80-200-1044-0.

- [45] Ministerstvo dopravy: *Ročenka dopravy 2006*. Ministerstvo dopravy. Praha : 2007. ISSN 1801-3090.
- [46] MOJŽÍŠ, Vlastislav, MOLKOVÁ, Tatiana. *Technologie a řízení dopravy I : část železniční doprava*. 1. vyd. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2002. 122 s. ISBN 80-7194-424.
- [47] Neuronové sítě a principy umělé inteligence. Sdělovací Technika - www.stech.cz
- [48] NGUYEN, Hung T., et al. *A First Course in Fuzzy and Neural Control*. Boca Raton : Chapman & Hall/CRC, 2003. 301 s. ISBN 1-58488-244-1.
- [49] NGUYEN, Hung T., WALKER, Elbert A. *Fuzzy Logic*. 3rd edition. Boca Raton : Chapman & Francis Group, 2006. 430 s. ISBN 1-58488-526-2.
- [50] *Opentrack* [online]. 2008. Dostupný z [www](http://www.opentrack.ch): <<http://www.opentrack.ch> >. [cit. 2008-09-20]
- [51] *Osobní doprava ČR v číslech*. Centrum dopravního výzkumu, 2004. 45 s. Dostupný z [www](http://www.cdv.cz/text/vz/vz1/pvz1_3.pdf): <www.cdv.cz/text/vz/vz1/pvz1_3.pdf>. [cit. 2006-04-14]
- [52] PATRAS, V. Koncepce simulačního modelu potencionální seřadovací stanice Plzeň-Koterov. In *INFOTRANS 2005*. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2005, s. 219—225. ISBN 80-7194-792-X.
- [53] *Průběžná zpráva k projektu „1P05ME727 — Simulační modely osobní železniční stanice“*. (Projekt česko-čínské spolupráce ve výzkumu a vývoji). Pardubice : Dopravní fakulta Jana Pernera, 2006.
- [54] *Railsys* [online]. 2005. Dostupný z [www](http://www.rmcon.de/englisch/uber_railsys.html): <http://www.rmcon.de/englisch/uber_railsys.html>. [cit. 2006-04-20]
- [55] *Railway Gazette*. Reed Business Publishing. 2002. ISSN 0373-5346.
- [56] *Railway Technical Review*. 1960– , vol. 45. Darmstadt : Hestra, ISSN 0079-9548.
- [57] *Railways Database* [online]. 2006 [cit. 2008-05-28]. Dostupný z WWW: <<http://www.worldbank.org/>>.
- [58] RAMÍK J. *Vícekritériální rozhodování – analytický hierarchický proces (AHP)*. Karviná : Slezská univerzita v Opavě. 211 str. ISBN: 80-7248-047-2.
- [59] *RASIM* [online]. 2005 [cit. 2006-04-16]. Dostupný z [www](http://www.hacon.de/rasim_e/index.shtml): <http://www.hacon.de/rasim_e/index.shtml>.
- [60] SAATY, T. L. *The Analytic Hierarchy Process*. New York : McGraw-Hill, 1980. 287 pp. ISBN 978-0070543713.
- [61] SADLOŇ, Ľubomír. *Simulačný model železničnej zriaďovacej stanice*. Žilina, 1994. 63 s.
- [62] ŠOTEK, Karel, BACHRATÝ, Hynek. Další vývoj simulačních modelů reálného prostředí v železniční dopravě. In *Dopravní systémy 2005*. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2005. s. 331–338. ISBN 80-7194-805-5.

- [63] ŠOTEK, Karel. *Výpočetní technika a informatika v dopravě*. Pardubice : Univerzita Pardubice, 1999. 245 s. ISBN 80-7194-230-8.
- [64] *Tvorba jízdního řádu pomocí výpočetní techniky na Českých drahách* [online]. 2000 [cit. 2006-04-15]. Dostupný z [www: <http://www.spz.logout.cz/zabezpec/sena/sena.html>](http://www.spz.logout.cz/zabezpec/sena/sena.html).
- [65] VONKA, Jaroslav, et al. *Osobní doprava*. 1. vyd. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2001. 170 s. ISBN 80-7194-320-7.
- [66] *White paper – European transport policy for 2010: time to decide*. Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities, 2001. 119 s. ISBN 92-894-0341-1.
- [67] WILCO, Burghout. *Mesosopic Simulation Models for Short-Term Prediction* [online]. Linköpings : Linköpings University, 2005 , 2005-10-11 [cit. 2006-04-28]. Dostupný z WWW: <http://www.infra.kth.se/ctr/publikationer/ctr2005_03.pdf>.
- [68] ZÁHOROVÁ, V. Konstrukce pravidel pro určení nástupištní koleje příjezdajícímu vlaku na základě provozních dat. In *INFOTRANS 2007*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2007, s. 307—312. ISBN 978-80-7194-989-3.
- [69] ZOUHAR, Zdeněk, BAŽANT, Michael, ZAŤKO, Miloš, KAVIČKA, Antonín. Simulation Model of a Prognostic Traffic within Prague Masaryk Station. In *ŽEL 2006*. Žilina : University of Žilina, 2006.
- [70] ŽARNAY, Michal. Modelling of Marshalling Yard Technology with Help of Petri Net. In *Journal of Information, Control and Management Systems 1/2006*. Žilina : Fakulta riadenia a informatiky ŽU v Žiline, 2006.
- [71] ŽARNAY, Michal. Use of Petri Net for Modelling of Traffic in Railway Stations. In *INFOTRANS 2004*. Pardubice : Univerzita Pardubice, DFJP, 2004. s. 294–308. ISBN 80-7194-634-6.

Přílohy

A Modelování čekání přípojného vlaku na příjíždějící zpožděný vlak s využitím Petriho sítí

Problematiku čekání přípojného vlaku na vlak příjíždějící jsem zpracoval, alternativě k řešení uvedenému v kapitole 6.3, s využitím barvených Petriho sítí. Výhodou tohoto řešení je grafické znázornění probíhajících rozhodovacích procesů a přehled o jejich stavech.

Definice Petriho sítě i evoluční pravidla jsou uvedena v publikacích [29] a [17].

Pro sestavení Petriho sítě byl použit software CPN Tools [9], množinu barev a proměnných pro potřeby sestavení uvedeného algoritmu uvádí obrázek A.1.



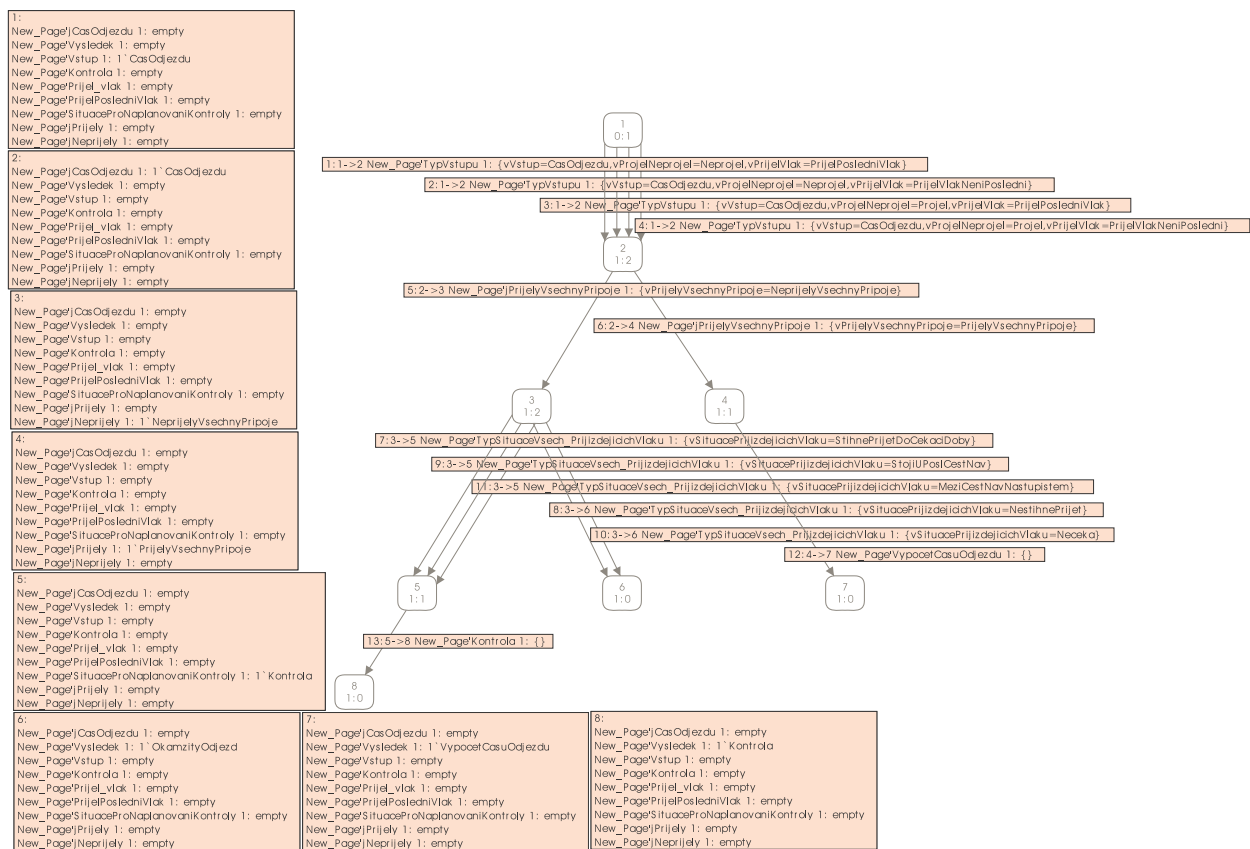
Obrázek A.1: Deklarace v rámci nástroje CPN tools

Sestavený algoritmus s využitím Petriho sítě, jehož diagram je znázorněn na obrázku A.3, disponuje těmito charakteristikami:

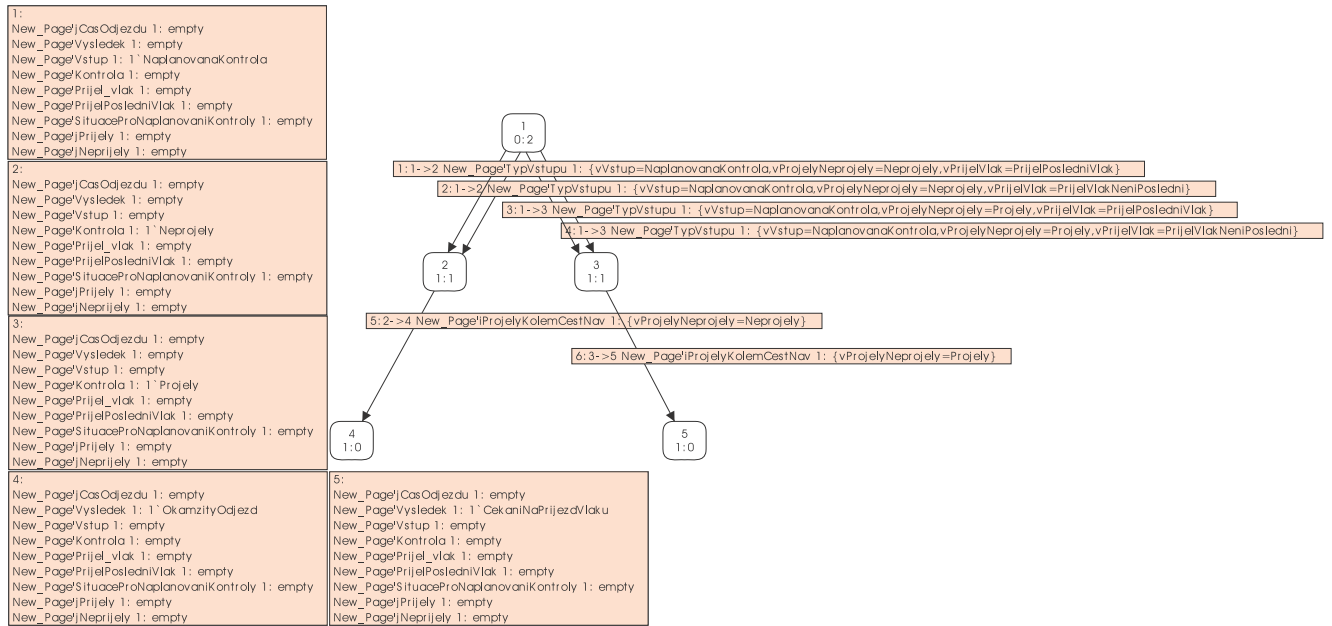
- Množina míst $P = \{Vstup, jCasOdjezdu, Kontrola, PrijelVlak, jPrijely, jNeprijely, PrijelPosledniVlak, SituaceProNaplanovaniKontroly, Vysledek\}$.
- Množina přechodů $T = \{TypVstupu, jPrijelyVsechnyPripoje, iProjelyKolemCestNav, iPrijel, TypSituaceVsechPrijizdejcichVlaku, VypocetCasuOdjezdu, Kontrola, PrijelPoslVlakPredCasemOdjezdu\}$.
- Přípustná množina počátečních značení $M_0 = \{^1M_0, ^2M_0, ^3M_0\}$, kde $|M_0| = |cVstup|$ je definována následovně:

- $^1M_0(Vstup) = \{CasOdjezdu\}$ a $^1M_0(p) = \emptyset, p \in P \setminus \{Vstup\}$;
- $^2M_0(Vstup) = \{NaplanovanaKontrola\}$ a $^2M_0(p) = \emptyset, p \in P \setminus \{Vstup\}$;
- $^3M_0(Vstup) = \{PrijezdVlaku\}$ a $^3M_0(p) = \emptyset, p \in P \setminus \{Vstup\}$.

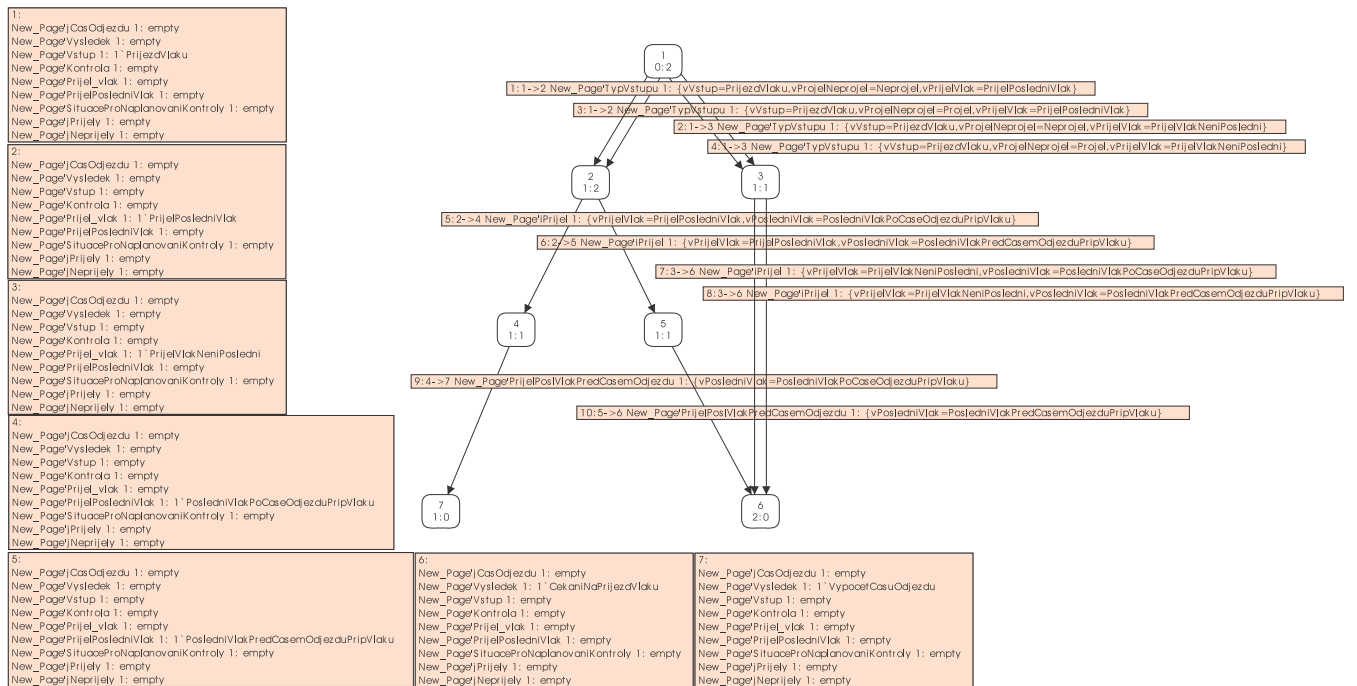
Pro jednotlivá počáteční značení jsou na obrázcích A.2–A.5 znázorněny grafy přechodů mezi jednotlivými stavy, tzv. přechodové funkce.



Obrázek A.2: Graf přechodů pro počáteční značení $1M_0$



Obrázek A.4: Graf přechodů pro počáteční značení $2M_0$



Obrázek A.5: Graf přechodů pro počáteční značení $3M_0$

B Vybrané kritériální matice vyhodnocené v rámci případové studie

V této příloze jsou uvedeny vlaky, které byly uvažovány v rámci případové studie (celkem 11 vlaků v ranní dopravní špičce). V případové studii byly vyhodnoceny matice s časovým krokem jedné minuty. Z důvodu značné rozsáhlosti dat jsou v této příloze uvedeny kritériální matice i s výsledky s časovým krokem pěti minut. V záhlaví tabulky je vždy uvedeno číslo vlaku, k němuž se daná matice vztahuje i s hodnotou uvažovaného zpoždění v minutách. Dále je v každé tabulce označena tučným písmem kolej, která by byla vybrána expertem a v rádcích pod kritériální maticí jsou tučně vyznačeny koleje, které by byly vybrány použitými matematickými metodami hodnocení variant.

422, zp0m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,30
	0,61	0,00	0,95	0,32	0,61	1,00	0,05	0,08	0,21	0,71	0,00	0,18	0,03	1,00	0,03
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,10	0,10	0,20	0,30	0,30	0,40	0,50	0,60	0,60	0,70	0,70	0,80	0,90	1,00	0,90
Pořadí	0,59	0,01	0,70	0,52	0,21	0,74	0,47	0,48	0,12	0,28	0,07	0,54	0,50	0,80	0,22
Fullerova	0,57	0,01	0,70	0,52	0,21	0,74	0,47	0,48	0,12	0,28	0,07	0,54	0,50	0,80	0,22
Geom. prům.	0,71	0,00	0,87	0,59	0,28	0,90	0,48	0,50	0,11	0,33	0,02	0,55	0,48	0,91	0,17
Saatyho	0,71	0,00	0,87	0,59	0,28	0,90	0,48	0,50	0,11	0,33	0,02	0,55	0,48	0,91	0,17

422, zp5m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,80
	0,47	0,00	0,82	0,18	0,61	1,00	0,00	0,00	0,21	0,71	0,00	0,05	0,00	1,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,10	0,10	0,20	0,30	0,30	0,40	0,50	0,60	0,60	0,70	0,70	0,80	0,90	1,00	0,90
Pořadí	0,55	0,01	0,66	0,49	0,21	0,74	0,05	0,46	0,12	0,28	0,07	0,50	0,09	0,80	0,41
Fullerova	0,53	0,01	0,66	0,49	0,21	0,74	0,05	0,46	0,12	0,28	0,07	0,50	0,09	0,80	0,41
Geom. prům.	0,66	0,00	0,81	0,53	0,28	0,90	0,01	0,46	0,11	0,33	0,02	0,49	0,03	0,91	0,38
Saatyho	0,66	0,00	0,81	0,53	0,28	0,90	0,01	0,46	0,11	0,33	0,02	0,49	0,03	0,91	0,38

422, zp10m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
	0,34	0,00	0,68	0,05	0,61	1,00	1,00	0,74	0,21	0,71	0,00	0,00	0,26	1,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,10	0,10	0,20	0,30	0,30	0,40	0,50	0,60	0,60	0,70	0,70	0,80	0,90	1,00	0,90
Pořadí	0,51	0,01	0,63	0,45	0,21	0,74	0,35	0,28	0,12	0,28	0,07	0,08	0,17	0,80	0,09
Fullerova	0,48	0,01	0,63	0,45	0,21	0,74	0,35	0,28	0,12	0,28	0,07	0,08	0,17	0,80	0,09
Geom. prům.	0,60	0,00	0,75	0,47	0,28	0,90	0,46	0,34	0,11	0,33	0,02	0,02	0,14	0,91	0,03
Saatyho	0,60	0,00	0,75	0,47	0,28	0,90	0,46	0,34	0,11	0,33	0,02	0,02	0,14	0,91	0,03

422, zp15m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
	0,21	0,00	0,55	0,00	0,61	1,00	1,00	0,74	0,21	0,71	0,00	0,92	0,26	1,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,10	0,10	0,20	0,30	0,30	0,40	0,50	0,60	0,60	0,70	0,70	0,80	0,90	1,00	0,90
Pořadí	0,47	0,01	0,59	0,03	0,21	0,74	0,35	0,28	0,12	0,28	0,07	0,36	0,17	0,80	0,39
Fullerova	0,43	0,01	0,59	0,03	0,21	0,74	0,35	0,28	0,12	0,28	0,07	0,36	0,17	0,80	0,39
Geom. prům.	0,54	0,00	0,69	0,01	0,28	0,90	0,46	0,34	0,11	0,33	0,02	0,43	0,14	0,91	0,47
Saatyho	0,54	0,00	0,69	0,01	0,28	0,90	0,46	0,34	0,11	0,33	0,02	0,43	0,14	0,91	0,47

422, zp20m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
	0,08	0,00	0,42	0,61	0,61	1,00	1,00	0,74	0,21	0,71	0,00	0,92	0,26	1,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,10	0,10	0,20	0,30	0,30	0,40	0,50	0,60	0,60	0,70	0,70	0,80	0,90	1,00	0,90
Pořadí	0,43	0,01	0,55	0,21	0,21	0,74	0,35	0,28	0,12	0,28	0,07	0,36	0,17	0,80	0,39
Fullerova	0,39	0,01	0,55	0,21	0,21	0,74	0,35	0,28	0,12	0,28	0,07	0,36	0,17	0,80	0,39
Geom. prům.	0,48	0,00	0,64	0,28	0,28	0,90	0,46	0,34	0,11	0,33	0,02	0,43	0,14	0,91	0,47
Saatyho	0,48	0,00	0,64	0,28	0,28	0,90	0,46	0,34	0,11	0,33	0,02	0,43	0,14	0,91	0,47

422, zp25m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,40	0,00	1,00	0,00
	0,00	0,00	0,29	0,61	0,61	1,00	1,00	0,74	0,21	0,71	0,00	0,92	0,26	0,95	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,10	0,10	0,20	0,30	0,30	0,40	0,50	0,60	0,60	0,70	0,70	0,80	0,90	1,00	0,90
Pořadí	0,41	0,01	0,51	0,21	0,21	0,74	0,35	0,28	0,12	0,28	0,15	0,52	0,17	0,78	0,39
Fullerova	0,36	0,01	0,51	0,21	0,21	0,74	0,35	0,28	0,12	0,28	0,15	0,52	0,17	0,78	0,39
Geom. prům.	0,45	0,00	0,58	0,28	0,28	0,90	0,46	0,34	0,11	0,33	0,11	0,61	0,14	0,89	0,47
Saatyho	0,45	0,00	0,58	0,28	0,28	0,90	0,46	0,34	0,11	0,33	0,11	0,61	0,14	0,89	0,47

422, zp30m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00	1,00	0,30
	1,00	0,00	0,16	0,61	0,61	1,00	1,00	0,74	0,21	0,71	0,00	0,87	0,26	0,82	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,10	0,10	0,20	0,30	0,30	0,40	0,50	0,60	0,60	0,70	0,70	0,80	0,90	1,00	0,90
Pořadí	0,31	0,01	0,47	0,21	0,21	0,74	0,35	0,44	0,12	0,28	0,35	0,70	0,17	0,74	0,51
Fullerova	0,36	0,01	0,47	0,21	0,21	0,74	0,35	0,44	0,12	0,28	0,35	0,70	0,17	0,74	0,51
Geom. prům.	0,45	0,00	0,52	0,28	0,28	0,90	0,46	0,52	0,11	0,33	0,33	0,81	0,14	0,83	0,60
Saatyho	0,45	0,00	0,52	0,28	0,28	0,90	0,46	0,52	0,11	0,33	0,33	0,81	0,14	0,83	0,60

422, zp35m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,80
	1,00	0,00	0,03	0,61	0,61	1,00	1,00	0,68	0,21	0,71	0,42	0,74	0,26	0,68	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,10	0,10	0,20	0,30	0,30	0,40	0,50	0,60	0,60	0,70	0,70	0,80	0,90	1,00	0,90
Pořadí	0,31	0,17	0,03	0,21	0,21	0,74	0,35	0,63	0,12	0,28	0,20	0,70	0,17	0,71	0,71
Fullerova	0,36	0,17	0,03	0,21	0,21	0,74	0,35	0,63	0,12	0,28	0,20	0,70	0,17	0,71	0,71
Geom. prům.	0,45	0,18	0,02	0,28	0,28	0,90	0,46	0,72	0,11	0,33	0,21	0,79	0,14	0,77	0,82
Saatyho	0,45	0,18	0,02	0,28	0,28	0,90	0,46	0,72	0,11	0,33	0,21	0,79	0,14	0,77	0,82

422, zp40m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00
	1,00	0,00	0,76	0,61	0,61	1,00	1,00	0,55	0,21	0,71	0,42	0,61	0,26	0,55	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,10	0,10	0,20	0,30	0,30	0,40	0,50	0,60	0,60	0,70	0,70	0,80	0,90	1,00	0,90
Pořadí	0,31	0,01	0,25	0,21	0,21	0,74	0,35	0,63	0,12	0,28	0,20	0,66	0,17	0,67	0,79
Fullerova	0,36	0,01	0,25	0,21	0,21	0,74	0,35	0,63	0,12	0,28	0,20	0,66	0,17	0,67	0,79
Geom. prům.	0,45	0,00	0,34	0,28	0,28	0,90	0,46	0,71	0,11	0,33	0,21	0,73	0,14	0,72	0,91
Saatyho	0,45	0,00	0,34	0,28	0,28	0,90	0,46	0,71	0,11	0,33	0,21	0,73	0,14	0,72	0,91

422, zp45m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00	1,00	0,00	1,00	0,50	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00
	1,00	0,58	0,76	0,61	0,61	1,00	1,00	0,42	0,21	0,71	0,42	0,47	0,26	0,42	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,10	0,10	0,20	0,30	0,30	0,40	0,50	0,60	0,60	0,70	0,70	0,80	0,90	1,00	0,90
Pořadí	0,31	0,18	0,45	0,41	0,21	0,74	0,35	0,79	0,32	0,28	0,20	0,62	0,17	0,63	0,79
Fullerova	0,36	0,18	0,45	0,41	0,21	0,74	0,35	0,79	0,32	0,28	0,20	0,62	0,17	0,63	0,79
Geom. prům.	0,45	0,26	0,57	0,50	0,28	0,90	0,46	0,73	0,33	0,33	0,21	0,68	0,14	0,66	0,91
Saatyho	0,45	0,26	0,57	0,50	0,28	0,90	0,46	0,73	0,33	0,33	0,21	0,68	0,14	0,66	0,91

422, zp50m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	0,50	0,40	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00
	1,00	0,58	0,84	0,53	0,61	1,00	1,00	0,29	0,13	0,71	0,42	0,34	0,26	0,29	0,97
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,10	0,10	0,20	0,30	0,30	0,40	0,50	0,60	0,60	0,70	0,70	0,80	0,90	1,00	0,90
Pořadí	0,51	0,34	0,67	0,59	0,21	0,74	0,35	0,75	0,50	0,28	0,20	0,58	0,17	0,59	0,78
Fullerova	0,54	0,34	0,67	0,59	0,21	0,74	0,35	0,75	0,50	0,28	0,20	0,58	0,17	0,59	0,78
Geom. prům.	0,67	0,44	0,82	0,68	0,28	0,90	0,46	0,67	0,52	0,33	0,21	0,62	0,14	0,60	0,90
Saatyho	0,67	0,44	0,82	0,68	0,28	0,90	0,46	0,67	0,52	0,33	0,21	0,62	0,14	0,60	0,90

422, zp55m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,90	1,00	1,00	0,50	1,00	0,00	1,00	1,00	0,20	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00
	1,00	0,53	0,71	0,39	0,61	1,00	1,00	0,16	0,00	0,71	0,42	0,21	0,26	0,16	0,84
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,10	0,10	0,20	0,30	0,30	0,40	0,50	0,60	0,60	0,70	0,70	0,80	0,90	1,00	0,90
Pořadí	0,71	0,53	0,63	0,55	0,41	0,74	0,35	0,71	0,46	0,36	0,40	0,54	0,17	0,55	0,74
Fullerova	0,71	0,53	0,63	0,55	0,41	0,74	0,35	0,71	0,46	0,36	0,40	0,54	0,17	0,55	0,74
Geom. prům.	0,89	0,63	0,76	0,63	0,50	0,90	0,46	0,62	0,46	0,42	0,29	0,56	0,14	0,54	0,84
Saatyho	0,89	0,63	0,76	0,63	0,50	0,90	0,46	0,62	0,46	0,42	0,29	0,56	0,14	0,54	0,84

422, zp60m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,70	0,00	1,00	0,30	1,00	1,00
	1,00	0,39	0,58	0,26	0,53	1,00	1,00	0,03	0,00	0,71	0,42	0,08	0,26	0,03	0,71
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,10	0,10	0,20	0,30	0,30	0,40	0,50	0,60	0,60	0,70	0,70	0,80	0,90	1,00	0,90
Pořadí	0,71	0,53	0,59	0,51	0,59	0,74	0,35	0,47	0,06	0,56	0,40	0,50	0,29	0,51	0,70
Fullerova	0,71	0,53	0,59	0,51	0,59	0,74	0,35	0,47	0,06	0,56	0,40	0,50	0,29	0,51	0,70
Geom. prům.	0,89	0,62	0,71	0,57	0,68	0,90	0,46	0,47	0,02	0,64	0,29	0,50	0,28	0,48	0,78
Saatyho	0,89	0,62	0,71	0,57	0,68	0,90	0,46	0,47	0,02	0,64	0,29	0,50	0,28	0,48	0,78

374, zp0m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
	0,71	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,57	1,00	0,00	1,00	0,71	1,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,15	0,20	0,30	0,35	0,40	0,25	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80	1,00	0,90	0,75	0,65
Pořadí	0,63	0,02	0,73	0,44	0,34	0,73	0,35	0,36	0,23	0,37	0,08	0,80	0,30	0,38	0,37
Fullerova	0,62	0,02	0,73	0,44	0,34	0,73	0,35	0,36	0,23	0,37	0,08	0,80	0,30	0,38	0,37
Geom. prům.	0,76	0,01	0,89	0,45	0,45	0,89	0,46	0,46	0,27	0,46	0,02	0,91	0,34	0,46	0,46
Saatyho	0,76	0,01	0,89	0,45	0,45	0,89	0,46	0,46	0,27	0,46	0,02	0,91	0,34	0,46	0,46

374, zp5m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
	0,36	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,57	1,00	0,00	1,00	0,71	1,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,15	0,20	0,30	0,35	0,40	0,25	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80	1,00	0,90	0,75	0,65
Pořadí	0,52	0,02	0,73	0,34	0,34	0,73	0,35	0,36	0,23	0,37	0,08	0,80	0,30	0,38	0,37
Fullerova	0,49	0,02	0,73	0,34	0,34	0,73	0,35	0,36	0,23	0,37	0,08	0,80	0,30	0,38	0,37
Geom. prům.	0,61	0,01	0,89	0,45	0,45	0,89	0,46	0,46	0,27	0,46	0,02	0,91	0,34	0,46	0,46
Saatyho	0,61	0,01	0,89	0,45	0,45	0,89	0,46	0,46	0,27	0,46	0,02	0,91	0,34	0,46	0,46

374, zp10m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,57	1,00	0,00	1,00	0,71	1,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,15	0,20	0,30	0,35	0,40	0,25	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80	1,00	0,90	0,75	0,65
Pořadí	0,42	0,02	0,71	0,34	0,34	0,73	0,35	0,36	0,23	0,37	0,08	0,80	0,30	0,38	0,37
Fullerova	0,37	0,02	0,71	0,34	0,34	0,73	0,35	0,36	0,23	0,37	0,08	0,80	0,30	0,38	0,37
Geom. prům.	0,45	0,01	0,86	0,45	0,45	0,89	0,46	0,46	0,27	0,46	0,02	0,91	0,34	0,46	0,46
Saatyho	0,45	0,01	0,86	0,45	0,45	0,89	0,46	0,46	0,27	0,46	0,02	0,91	0,34	0,46	0,46

374, zp15m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,30	1,00	0,00	0,00	0,10
	0,00	0,00	0,57	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,57	1,00	0,00	1,00	0,71	1,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,15	0,20	0,30	0,35	0,40	0,25	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80	1,00	0,90	0,75	0,65
Pořadí	0,02	0,02	0,60	0,34	0,34	0,73	0,35	0,44	0,23	0,37	0,20	0,80	0,30	0,38	0,41
Fullerova	0,02	0,02	0,60	0,34	0,34	0,73	0,35	0,44	0,23	0,37	0,20	0,80	0,30	0,38	0,41
Geom. prům.	0,00	0,01	0,70	0,45	0,45	0,89	0,46	0,55	0,27	0,46	0,16	0,91	0,34	0,46	0,51
Saatyho	0,00	0,01	0,70	0,45	0,45	0,89	0,46	0,55	0,27	0,46	0,16	0,91	0,34	0,46	0,51

374, zp20m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,10	0,60
	1,00	0,00	0,21	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,57	1,00	1,00	1,00	0,71	1,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,15	0,20	0,30	0,35	0,40	0,25	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80	1,00	0,90	0,75	0,65
Pořadí	0,32	0,14	0,09	0,34	0,34	0,73	0,35	0,64	0,23	0,37	0,38	0,80	0,30	0,42	0,61
Fullerova	0,37	0,14	0,09	0,34	0,34	0,73	0,35	0,64	0,23	0,37	0,38	0,80	0,30	0,42	0,61
Geom. prům.	0,45	0,14	0,10	0,45	0,45	0,89	0,46	0,77	0,27	0,46	0,47	0,91	0,34	0,51	0,73
Saatyho	0,45	0,14	0,10	0,45	0,45	0,89	0,46	0,77	0,27	0,46	0,47	0,91	0,34	0,51	0,73

374, zp25m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,60	1,00
	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,57	1,00	1,00	1,00	0,71	1,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,15	0,20	0,30	0,35	0,40	0,25	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80	1,00	0,90	0,75	0,65
Pořadí	0,32	0,34	0,33	0,34	0,34	0,73	0,35	0,76	0,23	0,37	0,38	0,80	0,30	0,62	0,77
Fullerova	0,37	0,34	0,33	0,34	0,34	0,73	0,35	0,76	0,23	0,37	0,38	0,80	0,30	0,62	0,77
Geom. prům.	0,45	0,36	0,45	0,45	0,45	0,89	0,46	0,90	0,27	0,46	0,47	0,91	0,34	0,73	0,90
Saatyho	0,45	0,36	0,45	0,45	0,45	0,89	0,46	0,90	0,27	0,46	0,47	0,91	0,34	0,73	0,90

374, zp30m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	0,00	0,00	0,30	0,30	0,00	1,00	0,00	1,00	0,30	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00
	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,57	1,00	1,00	1,00	0,71	1,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,15	0,20	0,30	0,35	0,40	0,25	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80	1,00	0,90	0,75	0,65
Pořadí	0,32	0,32	0,45	0,46	0,34	0,73	0,35	0,96	0,35	0,37	0,38	0,80	0,30	0,78	0,77
Fullerova	0,37	0,32	0,45	0,46	0,34	0,73	0,35	0,96	0,35	0,37	0,38	0,80	0,30	0,78	0,77
Geom. prům.	0,45	0,45	0,58	0,59	0,45	0,89	0,46	0,99	0,40	0,46	0,47	0,91	0,34	0,91	0,90
Saatyho	0,45	0,45	0,58	0,59	0,45	0,89	0,46	0,99	0,40	0,46	0,47	0,91	0,34	0,91	0,90

374, zp35m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	0,30	0,20	0,80	0,80	0,00	1,00	0,00	1,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00
	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,93	0,50	1,00	1,00	1,00	0,71	0,93	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,15	0,20	0,30	0,35	0,40	0,25	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80	1,00	0,90	0,75	0,65
Pořadí	0,44	0,40	0,65	0,66	0,34	0,73	0,35	0,93	0,53	0,37	0,38	0,80	0,30	0,75	0,77
Fullerova	0,47	0,40	0,65	0,66	0,34	0,73	0,35	0,93	0,53	0,37	0,38	0,80	0,30	0,75	0,77
Geom. prům.	0,58	0,54	0,81	0,81	0,45	0,89	0,46	0,96	0,59	0,46	0,47	0,91	0,34	0,88	0,90
Saatyho	0,58	0,54	0,81	0,81	0,45	0,89	0,46	0,96	0,59	0,46	0,47	0,91	0,34	0,88	0,90

374, zp40m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	0,80	0,70	1,00	1,00	0,30	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00
	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,57	0,14	1,00	1,00	0,71	0,71	0,57	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,15	0,20	0,30	0,35	0,40	0,25	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80	1,00	0,90	0,75	0,65
Pořadí	0,64	0,60	0,73	0,74	0,46	0,73	0,35	0,83	0,50	0,37	0,38	0,71	0,30	0,65	0,77
Fullerova	0,65	0,60	0,73	0,74	0,46	0,73	0,35	0,83	0,50	0,37	0,38	0,71	0,30	0,65	0,77
Geom. prům.	0,80	0,76	0,89	0,90	0,59	0,89	0,46	0,80	0,52	0,46	0,47	0,79	0,34	0,72	0,90
Saatyho	0,80	0,76	0,89	0,90	0,59	0,89	0,46	0,80	0,52	0,46	0,47	0,79	0,34	0,72	0,90

374, zp45m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	0,00	1,00	0,00	0,50	0,00	1,00	0,10	1,00	1,00
	1,00	1,00	1,00	0,86	1,00	1,00	1,00	0,21	0,00	1,00	1,00	0,36	0,71	0,21	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,15	0,20	0,30	0,35	0,40	0,25	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80	1,00	0,90	0,75	0,65
Pořadí	0,72	0,72	0,73	0,69	0,66	0,73	0,35	0,52	0,06	0,57	0,38	0,61	0,34	0,54	0,77
Fullerova	0,72	0,72	0,73	0,69	0,66	0,73	0,35	0,52	0,06	0,57	0,38	0,61	0,34	0,54	0,77
Geom. prům.	0,89	0,89	0,89	0,83	0,81	0,89	0,46	0,55	0,02	0,68	0,47	0,63	0,39	0,56	0,90
Saatyho	0,89	0,89	0,89	0,83	0,81	0,89	0,46	0,55	0,02	0,68	0,47	0,63	0,39	0,56	0,90

374, zp50m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,10	1,00	0,50	1,00	0,00	1,00	0,60	1,00	1,00
	1,00	0,86	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,00	0,29	1,00	1,00	0,00	0,71	0,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,15	0,20	0,30	0,35	0,40	0,25	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80	1,00	0,90	0,75	0,65
Pořadí	0,72	0,68	0,73	0,59	0,74	0,73	0,39	0,46	0,35	0,77	0,38	0,50	0,54	0,48	0,77
Fullerova	0,72	0,68	0,73	0,59	0,74	0,73	0,39	0,46	0,35	0,77	0,38	0,50	0,54	0,48	0,77
Geom. prům.	0,89	0,83	0,89	0,67	0,90	0,89	0,50	0,46	0,37	0,91	0,47	0,47	0,61	0,46	0,90
Saatyho	0,89	0,83	0,89	0,67	0,90	0,89	0,50	0,46	0,37	0,91	0,47	0,47	0,61	0,46	0,90

374, zp55m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00
	1,00	0,50	1,00	0,14	0,86	1,00	1,00	1,00	0,07	1,00	1,00	0,00	0,43	0,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,15	0,20	0,30	0,35	0,40	0,25	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80	1,00	0,90	0,75	0,65
Pořadí	0,72	0,57	0,73	0,48	0,70	0,73	0,59	0,36	0,48	0,77	0,38	0,10	0,62	0,08	0,77
Fullerova	0,72	0,57	0,73	0,48	0,70	0,73	0,59	0,36	0,48	0,77	0,38	0,10	0,62	0,08	0,77
Geom. prům.	0,89	0,67	0,89	0,52	0,83	0,89	0,72	0,46	0,49	0,91	0,47	0,03	0,66	0,02	0,90
Saatyho	0,89	0,67	0,89	0,52	0,83	0,89	0,72	0,46	0,49	0,91	0,47	0,03	0,66	0,02	0,90

374, zp60m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00
	1,00	0,14	0,64	0,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,07	0,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,15	0,20	0,30	0,35	0,40	0,25	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80	1,00	0,90	0,75	0,65
Pořadí	0,72	0,46	0,62	0,04	0,59	0,73	0,75	0,36	0,06	0,77	0,38	0,40	0,51	0,08	0,77
Fullerova	0,72	0,46	0,62	0,04	0,59	0,73	0,75	0,36	0,06	0,77	0,38	0,40	0,51	0,08	0,77
Geom. prům.	0,89	0,51	0,74	0,01	0,68	0,89	0,90	0,46	0,02	0,91	0,47	0,47	0,50	0,02	0,90
Saatyho	0,89	0,51	0,74	0,01	0,68	0,89	0,90	0,46	0,02	0,91	0,47	0,47	0,50	0,02	0,90

252, zp0m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,70	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00
	1,00	0,38	0,81	0,06	0,69	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,31	0,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,30	0,35	0,40	0,50	0,55	0,15	0,20	0,60	0,65	0,70	0,75	1,00	0,90	0,85	0,80
Pořadí	0,73	0,55	0,68	0,47	0,66	0,72	0,60	0,36	0,47	0,77	0,38	0,80	0,58	0,09	0,78
Fullerova	0,73	0,55	0,68	0,47	0,66	0,72	0,60	0,36	0,47	0,77	0,38	0,80	0,58	0,09	0,78
Geom. prům.	0,89	0,62	0,81	0,48	0,76	0,89	0,76	0,46	0,46	0,91	0,46	0,91	0,61	0,02	0,91
Saatyho	0,89	0,62	0,81	0,48	0,76	0,89	0,76	0,46	0,46	0,91	0,46	0,91	0,61	0,02	0,91

252, zp5m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00
	1,00	0,06	0,50	0,00	0,38	1,00	1,00	1,00	0,00	0,81	1,00	1,00	0,00	0,00	0,81
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,30	0,35	0,40	0,50	0,55	0,15	0,20	0,60	0,65	0,70	0,75	1,00	0,90	0,85	0,80
Pořadí	0,73	0,45	0,59	0,05	0,57	0,72	0,72	0,36	0,07	0,71	0,38	0,80	0,49	0,09	0,72
Fullerova	0,73	0,45	0,59	0,05	0,57	0,72	0,72	0,36	0,07	0,71	0,38	0,80	0,49	0,09	0,72
Geom. prům.	0,89	0,48	0,68	0,01	0,62	0,89	0,89	0,46	0,02	0,82	0,46	0,91	0,47	0,02	0,83
Saatyho	0,89	0,48	0,68	0,01	0,62	0,89	0,89	0,46	0,02	0,82	0,46	0,91	0,47	0,02	0,83

252, zp10m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00
	1,00	0,00	0,19	0,50	0,06	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,30	0,35	0,40	0,50	0,55	0,15	0,20	0,60	0,65	0,70	0,75	1,00	0,90	0,85	0,80
Pořadí	0,73	0,04	0,10	0,20	0,47	0,72	0,72	0,36	0,07	0,62	0,38	0,80	0,09	0,09	0,63
Fullerova	0,73	0,04	0,10	0,20	0,47	0,72	0,72	0,36	0,07	0,62	0,38	0,80	0,09	0,09	0,63
Geom. prům.	0,89	0,01	0,09	0,24	0,49	0,89	0,89	0,46	0,02	0,68	0,46	0,91	0,03	0,02	0,69
Saatyho	0,89	0,01	0,09	0,24	0,49	0,89	0,89	0,46	0,02	0,68	0,46	0,91	0,03	0,02	0,69

252, zp15m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00
	1,00	0,00	0,38	0,50	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,19	1,00	1,00	0,00	0,00	0,19
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,30	0,35	0,40	0,50	0,55	0,15	0,20	0,60	0,65	0,70	0,75	1,00	0,90	0,85	0,80
Pořadí	0,73	0,04	0,15	0,20	0,06	0,72	0,72	0,36	0,07	0,53	0,38	0,80	0,09	0,09	0,54
Fullerova	0,73	0,04	0,15	0,20	0,06	0,72	0,72	0,36	0,07	0,53	0,38	0,80	0,09	0,09	0,54
Geom. prům.	0,89	0,01	0,18	0,24	0,02	0,89	0,89	0,46	0,02	0,55	0,46	0,91	0,03	0,02	0,55
Saatyho	0,89	0,01	0,18	0,24	0,02	0,89	0,89	0,46	0,02	0,55	0,46	0,91	0,03	0,02	0,55

252, zp20m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,00	0,40	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,20	1,00
	1,00	0,00	0,38	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,94	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,30	0,35	0,40	0,50	0,55	0,15	0,20	0,60	0,65	0,70	0,75	1,00	0,90	0,85	0,80
Pořadí	0,73	0,04	0,15	0,36	0,36	0,72	0,72	0,36	0,07	0,47	0,38	0,78	0,09	0,17	0,48
Fullerova	0,73	0,04	0,15	0,36	0,36	0,72	0,72	0,36	0,07	0,47	0,38	0,78	0,09	0,17	0,48
Geom. prům.	0,89	0,01	0,18	0,41	0,46	0,89	0,89	0,46	0,02	0,46	0,46	0,89	0,03	0,11	0,47
Saatyho	0,89	0,01	0,18	0,41	0,46	0,89	0,89	0,46	0,02	0,46	0,46	0,89	0,03	0,11	0,47

252, zp25m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,40	0,00	0,90	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,70	0,00
	1,00	0,00	0,38	0,38	1,00	1,00	0,81	1,00	0,00	0,06	1,00	0,63	0,00	0,00	0,56
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,30	0,35	0,40	0,50	0,55	0,15	0,20	0,60	0,65	0,70	0,75	1,00	0,90	0,85	0,80
Pořadí	0,73	0,20	0,15	0,52	0,36	0,72	0,66	0,36	0,07	0,09	0,38	0,69	0,09	0,37	0,25
Fullerova	0,73	0,20	0,15	0,52	0,36	0,72	0,66	0,36	0,07	0,09	0,38	0,69	0,09	0,37	0,25
Geom. prům.	0,89	0,19	0,18	0,58	0,46	0,89	0,81	0,46	0,02	0,05	0,46	0,75	0,03	0,33	0,27
Saatyho	0,89	0,19	0,18	0,58	0,46	0,89	0,81	0,46	0,02	0,05	0,46	0,75	0,03	0,33	0,27

252, zp30m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,90	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,40	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,00	0,38	0,06	1,00	1,00	0,50	1,00	0,00	0,06	1,00	0,31	0,00	1,00	0,56
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,30	0,35	0,40	0,50	0,55	0,15	0,20	0,60	0,65	0,70	0,75	1,00	0,90	0,85	0,80
Pořadí	0,73	0,40	0,15	0,47	0,36	0,72	0,57	0,36	0,23	0,09	0,38	0,59	0,09	0,39	0,25
Fullerova	0,73	0,40	0,15	0,47	0,36	0,72	0,57	0,36	0,23	0,09	0,38	0,59	0,09	0,39	0,25
Geom. prům.	0,89	0,41	0,18	0,48	0,46	0,89	0,67	0,46	0,20	0,05	0,46	0,61	0,03	0,47	0,27
Saatyho	0,89	0,41	0,18	0,48	0,46	0,89	0,67	0,46	0,20	0,05	0,46	0,61	0,03	0,47	0,27

252, zp35m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,00	0,00	0,40	1,00	1,00	0,00	0,90	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,00	0,38	0,00	1,00	1,00	0,19	1,00	0,00	0,06	1,00	0,00	0,00	1,00	0,56
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,30	0,35	0,40	0,50	0,55	0,15	0,20	0,60	0,65	0,70	0,75	1,00	0,90	0,85	0,80
Pořadí	0,73	0,04	0,15	0,05	0,52	0,72	0,48	0,36	0,43	0,09	0,38	0,50	0,09	0,39	0,25
Fullerova	0,73	0,04	0,15	0,05	0,52	0,72	0,48	0,36	0,43	0,09	0,38	0,50	0,09	0,39	0,25
Geom. prům.	0,89	0,01	0,18	0,01	0,64	0,89	0,53	0,46	0,42	0,05	0,46	0,47	0,03	0,47	0,27
Saatyho	0,89	0,01	0,18	0,01	0,64	0,89	0,53	0,46	0,42	0,05	0,46	0,47	0,03	0,47	0,27

252, zp40m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,00	0,60	0,90	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,40	0,00
	1,00	0,00	0,38	0,31	1,00	1,00	0,00	1,00	0,50	0,06	1,00	0,00	0,00	1,00	0,56
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,30	0,35	0,40	0,50	0,55	0,15	0,20	0,60	0,65	0,70	0,75	1,00	0,90	0,85	0,80
Pořadí	0,73	0,04	0,15	0,38	0,72	0,72	0,42	0,36	0,22	0,09	0,38	0,10	0,13	0,55	0,25
Fullerova	0,73	0,04	0,15	0,38	0,72	0,72	0,42	0,36	0,22	0,09	0,38	0,10	0,13	0,55	0,25
Geom. prům.	0,89	0,01	0,18	0,42	0,86	0,89	0,45	0,46	0,24	0,05	0,46	0,03	0,07	0,64	0,27
Saatyho	0,89	0,01	0,18	0,42	0,86	0,89	0,45	0,46	0,24	0,05	0,46	0,03	0,07	0,64	0,27

252, zp45m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,40	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,40	0,00	0,60	0,90	0,00
	1,00	0,00	0,38	0,06	1,00	1,00	0,69	1,00	0,50	0,06	1,00	1,00	0,00	0,94	0,56
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,30	0,35	0,40	0,50	0,55	0,15	0,20	0,60	0,65	0,70	0,75	1,00	0,90	0,85	0,80
Pořadí	0,73	0,04	0,31	0,47	0,76	0,72	0,23	0,36	0,26	0,13	0,54	0,40	0,33	0,73	0,25
Fullerova	0,73	0,04	0,31	0,47	0,76	0,72	0,23	0,36	0,26	0,13	0,54	0,40	0,33	0,73	0,25
Geom. prům.	0,89	0,01	0,35	0,48	0,90	0,89	0,31	0,46	0,28	0,09	0,64	0,47	0,29	0,84	0,27
Saatyho	0,89	0,01	0,35	0,48	0,90	0,89	0,31	0,46	0,28	0,09	0,64	0,47	0,29	0,84	0,27

252, zp50m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,90	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,60	0,60	0,90	0,00	0,00	1,00	0,00
	1,00	0,00	0,63	0,00	1,00	1,00	0,69	1,00	0,50	0,06	0,88	1,00	0,00	0,63	0,56
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,30	0,35	0,40	0,50	0,55	0,15	0,20	0,60	0,65	0,70	0,75	1,00	0,90	0,85	0,80
Pořadí	0,73	0,04	0,59	0,05	0,76	0,72	0,23	0,36	0,46	0,33	0,70	0,40	0,09	0,67	0,25
Fullerova	0,73	0,04	0,59	0,05	0,76	0,72	0,23	0,36	0,46	0,33	0,70	0,40	0,09	0,67	0,25
Geom. prům.	0,89	0,01	0,69	0,01	0,90	0,89	0,31	0,46	0,51	0,31	0,81	0,47	0,03	0,74	0,27
Saatyho	0,89	0,01	0,69	0,01	0,90	0,89	0,31	0,46	0,51	0,31	0,81	0,47	0,03	0,74	0,27

252, zp55m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,40	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
	1,00	0,00	0,31	0,38	0,69	1,00	0,69	1,00	0,25	0,00	0,56	1,00	1,00	0,31	0,56
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,30	0,35	0,40	0,50	0,55	0,15	0,20	0,60	0,65	0,70	0,75	1,00	0,90	0,85	0,80
Pořadí	0,73	0,20	0,53	0,16	0,66	0,72	0,23	0,36	0,54	0,07	0,64	0,40	0,39	0,58	0,25
Fullerova	0,73	0,20	0,53	0,16	0,66	0,72	0,23	0,36	0,54	0,07	0,64	0,40	0,39	0,58	0,25
Geom. prům.	0,89	0,19	0,59	0,18	0,76	0,89	0,31	0,46	0,57	0,02	0,71	0,47	0,47	0,61	0,27
Saatyho	0,89	0,19	0,59	0,18	0,76	0,89	0,31	0,46	0,57	0,02	0,71	0,47	0,47	0,61	0,27

252, zp60m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,90	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
	1,00	0,00	0,56	0,38	0,38	1,00	0,69	1,00	0,00	1,00	0,25	1,00	1,00	0,00	0,56
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,30	0,35	0,40	0,50	0,55	0,15	0,20	0,60	0,65	0,70	0,75	1,00	0,90	0,85	0,80
Pořadí	0,73	0,40	0,21	0,16	0,57	0,72	0,23	0,36	0,47	0,37	0,55	0,40	0,39	0,49	0,25
Fullerova	0,73	0,40	0,21	0,16	0,57	0,72	0,23	0,36	0,47	0,37	0,55	0,40	0,39	0,49	0,25
Geom. prům.	0,89	0,41	0,26	0,18	0,62	0,89	0,31	0,46	0,46	0,46	0,58	0,47	0,47	0,47	0,27
Saatyho	0,89	0,41	0,26	0,18	0,62	0,89	0,31	0,46	0,46	0,46	0,58	0,47	0,47	0,47	0,27

424, zp0m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,30	0,00	0,80	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,30	1,00
	1,00	0,00	0,13	0,15	0,58	1,00	0,29	0,33	0,00	0,02	0,33	0,23	0,00	0,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,25	0,30	0,45	0,50	0,10	0,15	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
Pořadí	0,72	0,15	0,07	0,41	0,23	0,71	0,50	0,17	0,07	0,08	0,18	0,55	0,09	0,22	0,80
Fullerova	0,72	0,15	0,07	0,41	0,23	0,71	0,50	0,17	0,07	0,08	0,18	0,55	0,09	0,22	0,80
Geom. prům.	0,89	0,14	0,06	0,43	0,27	0,89	0,58	0,17	0,02	0,03	0,17	0,57	0,03	0,16	0,91
Saatyho	0,89	0,14	0,06	0,43	0,27	0,89	0,58	0,17	0,02	0,03	0,17	0,57	0,03	0,16	0,91

424, zp5m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,80	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,30	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00
	1,00	0,00	0,13	0,04	0,58	1,00	0,19	0,33	0,00	0,02	0,33	0,13	0,00	0,35	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,25	0,30	0,45	0,50	0,10	0,15	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
Pořadí	0,72	0,35	0,07	0,46	0,23	0,71	0,47	0,17	0,19	0,08	0,18	0,52	0,09	0,20	0,80
Fullerova	0,72	0,35	0,07	0,46	0,23	0,71	0,47	0,17	0,19	0,08	0,18	0,52	0,09	0,20	0,80
Geom. prům.	0,89	0,36	0,06	0,47	0,27	0,89	0,53	0,17	0,15	0,03	0,17	0,52	0,03	0,18	0,91
Saatyho	0,89	0,36	0,06	0,47	0,27	0,89	0,53	0,17	0,15	0,03	0,17	0,52	0,03	0,18	0,91

424, zp10m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,00	0,00	0,30	1,00	1,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00
	1,00	0,00	0,13	0,00	0,58	1,00	0,08	0,33	0,00	0,02	0,33	0,02	0,00	0,35	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,25	0,30	0,45	0,50	0,10	0,15	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
Pořadí	0,72	0,03	0,07	0,05	0,35	0,71	0,44	0,17	0,39	0,08	0,18	0,49	0,09	0,20	0,80
Fullerova	0,72	0,03	0,07	0,05	0,35	0,71	0,44	0,17	0,39	0,08	0,18	0,49	0,09	0,20	0,80
Geom. prům.	0,89	0,01	0,06	0,01	0,41	0,89	0,48	0,17	0,37	0,03	0,17	0,48	0,03	0,18	0,91
Saatyho	0,89	0,01	0,06	0,01	0,41	0,89	0,48	0,17	0,37	0,03	0,17	0,48	0,03	0,18	0,91

424, zp15m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,00	0,50	0,80	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	1,00
	1,00	0,00	0,13	0,10	0,56	1,00	0,00	0,33	0,17	0,02	0,33	0,00	0,00	0,35	0,90
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,25	0,30	0,45	0,50	0,10	0,15	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
Pořadí	0,72	0,03	0,07	0,28	0,54	0,71	0,42	0,17	0,12	0,08	0,18	0,09	0,09	0,32	0,77
Fullerova	0,72	0,03	0,07	0,28	0,54	0,71	0,42	0,17	0,12	0,08	0,18	0,09	0,09	0,32	0,77
Geom. prům.	0,89	0,01	0,06	0,28	0,62	0,89	0,45	0,17	0,09	0,03	0,17	0,02	0,03	0,32	0,87
Saatyho	0,89	0,01	0,06	0,28	0,62	0,89	0,45	0,17	0,09	0,03	0,17	0,02	0,03	0,32	0,87

424, zp20m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,50	0,80	1,00
	1,00	0,00	0,13	0,04	0,46	1,00	0,23	0,33	0,17	0,02	0,33	1,00	0,00	0,33	0,79
	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,25	0,30	0,45	0,50	0,10	0,15	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
Pořadí	0,72	0,23	0,19	0,46	0,59	0,71	0,08	0,17	0,12	0,08	0,30	0,39	0,29	0,52	0,74
Fullerova	0,72	0,23	0,19	0,46	0,59	0,71	0,08	0,17	0,12	0,08	0,30	0,39	0,29	0,52	0,74
Geom. prům.	0,89	0,09	0,20	0,47	0,66	0,89	0,11	0,17	0,09	0,03	0,30	0,47	0,25	0,53	0,82
Saatyho	0,89	0,09	0,20	0,47	0,66	0,89	0,11	0,17	0,09	0,03	0,30	0,47	0,25	0,53	0,82

424, zp25m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,80	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,80	0,00	0,00	1,00	1,00
	1,00	0,00	0,23	0,00	0,35	1,00	0,23	0,33	0,17	0,02	0,31	1,00	0,00	0,23	0,69
	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,25	0,30	0,45	0,50	0,10	0,15	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
Pořadí	0,72	0,23	0,42	0,05	0,56	0,71	0,08	0,17	0,32	0,28	0,49	0,39	0,09	0,56	0,71
Fullerova	0,72	0,23	0,42	0,05	0,56	0,71	0,08	0,17	0,32	0,28	0,49	0,39	0,09	0,56	0,71
Geom. prům.	0,89	0,09	0,46	0,01	0,61	0,89	0,11	0,17	0,32	0,25	0,52	0,47	0,03	0,57	0,78
Saatyho	0,89	0,09	0,46	0,01	0,61	0,89	0,11	0,17	0,32	0,25	0,52	0,47	0,03	0,57	0,78

424, zp30m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,30	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	1,00	0,00	0,13	0,13	0,25	1,00	0,23	0,33	0,10	0,00	0,21	1,00	0,35	0,13	0,58
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,25	0,30	0,45	0,50	0,10	0,15	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
Pořadí	0,72	0,15	0,47	0,08	0,53	0,71	0,08	0,17	0,50	0,48	0,54	0,39	0,20	0,53	0,68
Fullerova	0,72	0,15	0,47	0,08	0,53	0,71	0,08	0,17	0,50	0,48	0,54	0,39	0,20	0,53	0,68
Geom. prům.	0,89	0,14	0,51	0,07	0,57	0,89	0,11	0,17	0,51	0,46	0,56	0,47	0,18	0,53	0,73
Saatyho	0,89	0,14	0,51	0,07	0,57	0,89	0,11	0,17	0,51	0,46	0,56	0,47	0,18	0,53	0,73

424, zp35m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,80	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	1,00	0,00	0,02	0,13	0,15	1,00	0,23	0,33	0,00	1,00	0,10	1,00	0,35	0,02	0,48
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,25	0,30	0,45	0,50	0,10	0,15	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
Pořadí	0,72	0,35	0,04	0,08	0,49	0,71	0,08	0,17	0,47	0,38	0,51	0,39	0,20	0,50	0,64
Fullerova	0,72	0,35	0,04	0,08	0,49	0,71	0,08	0,17	0,47	0,38	0,51	0,39	0,20	0,50	0,64
Geom. prům.	0,89	0,36	0,02	0,07	0,52	0,89	0,11	0,17	0,46	0,46	0,51	0,47	0,18	0,48	0,68
Saatyho	0,89	0,36	0,02	0,07	0,52	0,89	0,11	0,17	0,46	0,46	0,51	0,47	0,18	0,48	0,68

424, zp40m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,20	0,40	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00
	1,00	0,17	0,19	0,13	0,04	1,00	0,23	0,33	0,00	1,00	0,00	1,00	0,35	0,00	0,38
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,25	0,30	0,45	0,50	0,10	0,15	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
Pořadí	0,72	0,08	0,17	0,24	0,46	0,71	0,08	0,17	0,07	0,38	0,48	0,39	0,20	0,10	0,61
Fullerova	0,72	0,08	0,17	0,24	0,46	0,71	0,08	0,17	0,07	0,38	0,48	0,39	0,20	0,10	0,61
Geom. prům.	0,89	0,08	0,18	0,25	0,48	0,89	0,11	0,17	0,02	0,46	0,47	0,47	0,18	0,03	0,64
Saatyho	0,89	0,08	0,18	0,25	0,48	0,89	0,11	0,17	0,02	0,46	0,47	0,47	0,18	0,03	0,64

424, zp45m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,70	0,90	0,00	1,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
	1,00	0,17	0,31	0,08	0,00	1,00	0,23	0,33	0,23	1,00	0,00	1,00	0,35	0,19	0,27
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,25	0,30	0,45	0,50	0,10	0,15	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
Pořadí	0,72	0,08	0,40	0,43	0,05	0,71	0,08	0,17	0,30	0,38	0,08	0,39	0,20	0,15	0,58
Fullerova	0,72	0,08	0,40	0,43	0,05	0,71	0,08	0,17	0,30	0,38	0,08	0,39	0,20	0,15	0,58
Geom. prům.	0,89	0,08	0,46	0,45	0,01	0,89	0,11	0,17	0,30	0,46	0,02	0,47	0,18	0,11	0,59
Saatyho	0,89	0,08	0,46	0,45	0,01	0,89	0,11	0,17	0,30	0,46	0,02	0,47	0,18	0,11	0,59

424, zp50m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,50	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
	1,00	0,17	0,21	0,00	0,19	1,00	0,23	0,33	0,19	1,00	0,38	1,00	0,35	0,19	0,17
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,25	0,30	0,45	0,50	0,10	0,15	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
Pořadí	0,72	0,08	0,49	0,45	0,11	0,71	0,28	0,17	0,49	0,38	0,19	0,39	0,20	0,15	0,55
Fullerova	0,72	0,08	0,49	0,45	0,11	0,71	0,28	0,17	0,49	0,38	0,19	0,39	0,20	0,15	0,55
Geom. prům.	0,89	0,08	0,54	0,46	0,10	0,89	0,33	0,17	0,50	0,46	0,19	0,47	0,18	0,11	0,55
Saatyho	0,89	0,08	0,54	0,46	0,10	0,89	0,33	0,17	0,50	0,46	0,19	0,47	0,18	0,11	0,55

424, zp55m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,10	1,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	1,00
	1,00	0,17	0,10	0,06	0,19	1,00	0,17	0,33	0,08	1,00	0,38	1,00	0,35	0,19	0,06
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,25	0,30	0,45	0,50	0,10	0,15	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
Pořadí	0,72	0,08	0,46	0,06	0,11	0,71	0,47	0,21	0,50	0,38	0,19	0,43	0,20	0,15	0,52
Fullerova	0,72	0,08	0,46	0,06	0,11	0,71	0,47	0,21	0,50	0,38	0,19	0,43	0,20	0,15	0,52
Geom. prům.	0,89	0,08	0,50	0,04	0,10	0,89	0,52	0,21	0,50	0,46	0,19	0,51	0,18	0,11	0,50
Saatyho	0,89	0,08	0,50	0,04	0,10	0,89	0,52	0,21	0,50	0,46	0,19	0,51	0,18	0,11	0,50

424, zp60m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,30	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,60	1,00	0,20	0,00	0,60	0,10	0,00	1,00
	1,00	0,17	0,25	0,06	0,19	1,00	0,06	0,33	0,00	1,00	0,38	1,00	0,35	0,19	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,25	0,30	0,45	0,50	0,10	0,15	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
Pořadí	0,72	0,20	0,11	0,06	0,11	0,71	0,43	0,41	0,47	0,46	0,19	0,63	0,24	0,15	0,50
Fullerova	0,72	0,20	0,11	0,06	0,11	0,71	0,43	0,41	0,47	0,46	0,19	0,63	0,24	0,15	0,50
Geom. prům.	0,89	0,21	0,12	0,04	0,10	0,89	0,48	0,43	0,46	0,55	0,19	0,73	0,23	0,11	0,47
Saatyho	0,89	0,21	0,12	0,04	0,10	0,89	0,48	0,43	0,46	0,55	0,19	0,73	0,23	0,11	0,47

200, zp0m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,10	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,80	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00
	1,00	0,00	0,22	0,16	0,38	1,00	0,30	0,43	0,19	0,00	0,32	1,00	1,00	0,22	0,24
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,10	0,15	0,60	0,70	0,75	0,80	0,95	1,00	0,90	0,85
Pořadí	0,72	0,07	0,50	0,09	0,56	0,71	0,10	0,19	0,45	0,40	0,58	0,40	0,80	0,55	0,16
Fullerova	0,72	0,07	0,50	0,09	0,56	0,71	0,10	0,19	0,45	0,40	0,58	0,40	0,80	0,55	0,16
Geom. prům.	0,89	0,05	0,55	0,08	0,62	0,89	0,14	0,21	0,46	0,38	0,61	0,47	0,91	0,56	0,13
Saatyho	0,89	0,05	0,55	0,08	0,62	0,89	0,14	0,21	0,46	0,38	0,61	0,47	0,91	0,56	0,13

200, zp5m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,50	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00
	1,00	0,00	0,08	0,16	0,24	1,00	0,30	0,43	0,05	0,00	0,19	1,00	1,00	0,08	0,24
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,10	0,15	0,60	0,70	0,75	0,80	0,95	1,00	0,90	0,85
Pořadí	0,72	0,23	0,06	0,09	0,52	0,71	0,10	0,19	0,49	0,08	0,54	0,40	0,80	0,51	0,16
Fullerova	0,72	0,23	0,06	0,09	0,52	0,71	0,10	0,19	0,49	0,08	0,54	0,40	0,80	0,51	0,16
Geom. prům.	0,89	0,23	0,05	0,08	0,57	0,89	0,14	0,21	0,49	0,02	0,55	0,47	0,91	0,50	0,13
Saatyho	0,89	0,23	0,05	0,08	0,57	0,89	0,14	0,21	0,49	0,02	0,55	0,47	0,91	0,50	0,13

200, zp10m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,00	0,20	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00
	1,00	0,00	0,24	0,16	0,11	1,00	0,30	0,43	0,00	1,00	0,05	1,00	1,00	0,00	0,24
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,10	0,15	0,60	0,70	0,75	0,80	0,95	1,00	0,90	0,85
Pořadí	0,72	0,03	0,11	0,17	0,48	0,71	0,10	0,19	0,07	0,38	0,50	0,40	0,80	0,49	0,16
Fullerova	0,72	0,03	0,11	0,17	0,48	0,71	0,10	0,19	0,07	0,38	0,50	0,40	0,80	0,49	0,16
Geom. prům.	0,89	0,01	0,12	0,17	0,51	0,89	0,14	0,21	0,02	0,46	0,49	0,47	0,91	0,47	0,13
Saatyho	0,89	0,01	0,12	0,17	0,51	0,89	0,14	0,21	0,02	0,46	0,49	0,47	0,91	0,47	0,13

200, zp15m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,50	0,70	1,00	1,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,10
	1,00	0,22	0,24	0,16	0,00	1,00	0,30	0,43	0,30	1,00	0,00	1,00	1,00	0,24	0,24
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,10	0,15	0,60	0,70	0,75	0,80	0,95	1,00	0,90	0,85
Pořadí	0,72	0,09	0,31	0,37	0,45	0,71	0,10	0,19	0,24	0,38	0,08	0,40	0,80	0,16	0,20
Fullerova	0,72	0,09	0,31	0,37	0,45	0,71	0,10	0,19	0,24	0,38	0,08	0,40	0,80	0,16	0,20
Geom. prům.	0,89	0,10	0,34	0,39	0,46	0,89	0,14	0,21	0,24	0,46	0,02	0,47	0,91	0,13	0,18
Saatyho	0,89	0,10	0,34	0,39	0,46	0,89	0,14	0,21	0,24	0,46	0,02	0,47	0,91	0,13	0,18

200, zp20m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,30	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,60
	1,00	0,22	0,32	0,03	0,24	1,00	0,30	0,43	0,30	1,00	0,49	1,00	0,95	0,24	0,24
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,10	0,15	0,60	0,70	0,75	0,80	0,95	1,00	0,90	0,85
Pořadí	0,72	0,09	0,54	0,45	0,12	0,71	0,22	0,19	0,44	0,38	0,23	0,40	0,78	0,16	0,40
Fullerova	0,72	0,09	0,54	0,45	0,12	0,71	0,22	0,19	0,44	0,38	0,23	0,40	0,78	0,16	0,40
Geom. prům.	0,89	0,10	0,60	0,47	0,12	0,89	0,27	0,21	0,46	0,46	0,24	0,47	0,89	0,13	0,40
Saatyho	0,89	0,10	0,60	0,47	0,12	0,89	0,27	0,21	0,46	0,46	0,24	0,47	0,89	0,13	0,40

200, zp25m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,80	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00
	1,00	0,22	0,19	0,00	0,24	1,00	0,27	0,43	0,16	1,00	0,49	1,00	0,81	0,24	0,14
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,10	0,15	0,60	0,70	0,75	0,80	0,95	1,00	0,90	0,85
Pořadí	0,72	0,09	0,50	0,05	0,12	0,71	0,42	0,19	0,52	0,38	0,23	0,40	0,74	0,16	0,53
Fullerova	0,72	0,09	0,50	0,05	0,12	0,71	0,42	0,19	0,52	0,38	0,23	0,40	0,74	0,16	0,53
Geom. prům.	0,89	0,10	0,54	0,01	0,12	0,89	0,48	0,21	0,53	0,46	0,24	0,47	0,83	0,13	0,53
Saatyho	0,89	0,10	0,54	0,01	0,12	0,89	0,48	0,21	0,53	0,46	0,24	0,47	0,83	0,13	0,53

200, zp30m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,10	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,40	1,00	0,00	0,00	0,40	1,00	0,00	1,00
	1,00	0,22	0,05	0,08	0,24	1,00	0,14	0,43	0,03	1,00	0,49	1,00	0,68	0,24	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,10	0,15	0,60	0,70	0,75	0,80	0,95	1,00	0,90	0,85
Pořadí	0,72	0,13	0,06	0,07	0,12	0,71	0,46	0,35	0,48	0,38	0,23	0,56	0,70	0,16	0,49
Fullerova	0,72	0,13	0,06	0,07	0,12	0,71	0,46	0,35	0,48	0,38	0,23	0,56	0,70	0,16	0,49
Geom. prům.	0,89	0,15	0,04	0,05	0,12	0,89	0,51	0,39	0,47	0,46	0,24	0,65	0,77	0,13	0,47
Saatyho	0,89	0,15	0,04	0,05	0,12	0,89	0,51	0,39	0,47	0,46	0,24	0,65	0,77	0,13	0,47

200, zp35m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,60	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,90	0,00	0,50	0,00	0,90	1,00	0,00	0,00
	1,00	0,22	0,32	0,08	0,24	1,00	0,00	0,38	0,00	1,00	0,49	1,00	0,54	0,24	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,10	0,15	0,60	0,70	0,75	0,80	0,95	1,00	0,90	0,85
Pořadí	0,72	0,33	0,14	0,07	0,12	0,71	0,42	0,53	0,07	0,58	0,23	0,76	0,66	0,16	0,09
Fullerova	0,72	0,33	0,14	0,07	0,12	0,71	0,42	0,53	0,07	0,58	0,23	0,76	0,66	0,16	0,09
Geom. prům.	0,89	0,37	0,16	0,05	0,12	0,89	0,45	0,58	0,02	0,69	0,24	0,87	0,71	0,13	0,02
Saatyho	0,89	0,37	0,16	0,05	0,12	0,89	0,45	0,58	0,02	0,69	0,24	0,87	0,71	0,13	0,02

200, zp40m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	1,00	0,00	0,10	0,10	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,40	1,00	1,00	0,00	0,00
	1,00	0,11	0,32	0,08	0,24	1,00	0,00	0,24	0,41	1,00	0,49	1,00	0,41	0,24	0,76
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,10	0,15	0,60	0,70	0,75	0,80	0,95	1,00	0,90	0,85
Pořadí	0,72	0,46	0,14	0,11	0,16	0,71	0,02	0,53	0,19	0,78	0,39	0,80	0,62	0,16	0,31
Fullerova	0,72	0,46	0,14	0,11	0,16	0,71	0,02	0,53	0,19	0,78	0,39	0,80	0,62	0,16	0,31
Geom. prům.	0,89	0,50	0,16	0,09	0,17	0,89	0,00	0,57	0,20	0,91	0,42	0,91	0,65	0,13	0,36
Saatyho	0,89	0,50	0,16	0,09	0,17	0,89	0,00	0,57	0,20	0,91	0,42	0,91	0,65	0,13	0,36

200, zp45m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	1,00	0,00	0,60	0,60	1,00	0,00	1,00	0,50	1,00	0,90	1,00	1,00	0,00	0,00
	1,00	0,00	0,32	0,08	0,24	1,00	0,00	0,11	0,41	1,00	0,43	1,00	0,27	0,24	0,76
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,10	0,15	0,60	0,70	0,75	0,80	0,95	1,00	0,90	0,85
Pořadí	0,72	0,43	0,14	0,31	0,36	0,71	0,02	0,49	0,39	0,78	0,57	0,80	0,58	0,16	0,31
Fullerova	0,72	0,43	0,14	0,31	0,36	0,71	0,02	0,49	0,39	0,78	0,57	0,80	0,58	0,16	0,31
Geom. prům.	0,89	0,45	0,16	0,31	0,39	0,89	0,00	0,51	0,42	0,91	0,61	0,91	0,59	0,13	0,36
Saatyho	0,89	0,45	0,16	0,31	0,39	0,89	0,00	0,51	0,42	0,91	0,61	0,91	0,59	0,13	0,36

200, zp50m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,10	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
	1,00	0,08	0,32	0,00	0,14	1,00	0,00	0,00	0,32	1,00	0,30	1,00	0,14	0,24	0,76
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,10	0,15	0,60	0,70	0,75	0,80	0,95	1,00	0,90	0,85
Pořadí	0,72	0,05	0,18	0,45	0,49	0,71	0,02	0,46	0,57	0,78	0,57	0,80	0,54	0,16	0,31
Fullerova	0,72	0,05	0,18	0,45	0,49	0,71	0,02	0,46	0,57	0,78	0,57	0,80	0,54	0,16	0,31
Geom. prům.	0,89	0,04	0,20	0,46	0,52	0,89	0,00	0,46	0,61	0,91	0,60	0,91	0,53	0,13	0,36
Saatyho	0,89	0,04	0,20	0,46	0,52	0,89	0,00	0,46	0,61	0,91	0,60	0,91	0,53	0,13	0,36

200, zp55m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,60	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
	0,89	0,08	0,32	0,05	0,00	1,00	0,00	1,00	0,19	1,00	0,16	0,86	0,00	0,24	0,76
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,10	0,15	0,60	0,70	0,75	0,80	0,95	1,00	0,90	0,85
Pořadí	0,69	0,05	0,38	0,06	0,45	0,71	0,02	0,36	0,53	0,78	0,53	0,75	0,50	0,16	0,31
Fullerova	0,68	0,05	0,38	0,06	0,45	0,71	0,02	0,36	0,53	0,78	0,53	0,75	0,50	0,16	0,31
Geom. prům.	0,84	0,04	0,42	0,04	0,46	0,89	0,00	0,46	0,55	0,91	0,54	0,85	0,47	0,13	0,36
Saatyho	0,84	0,04	0,42	0,04	0,46	0,89	0,00	0,46	0,55	0,91	0,54	0,85	0,47	0,13	0,36

200, zp60m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,40
	0,76	0,08	0,38	0,05	0,00	1,00	0,00	1,00	0,05	1,00	0,03	0,73	0,00	0,24	0,76
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,10	0,15	0,60	0,70	0,75	0,80	0,95	1,00	0,90	0,85
Pořadí	0,65	0,05	0,55	0,06	0,05	0,71	0,02	0,36	0,49	0,78	0,49	0,71	0,10	0,16	0,47
Fullerova	0,63	0,05	0,55	0,06	0,05	0,71	0,02	0,36	0,49	0,78	0,49	0,71	0,10	0,16	0,47
Geom. prům.	0,78	0,04	0,62	0,04	0,01	0,89	0,00	0,46	0,49	0,91	0,48	0,79	0,03	0,13	0,54
Saatyho	0,78	0,04	0,62	0,04	0,01	0,89	0,00	0,46	0,49	0,91	0,48	0,79	0,03	0,13	0,54

610, zp0m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,90	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
	1,00	0,00	1,00	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,50	1,00	1,00	0,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,80	0,90	1,00	0,85	0,75	0,00	0,10	0,70	0,65	0,60	0,50	0,40	0,35	0,30	0,25
Pořadí	0,78	0,45	0,80	0,31	0,70	0,70	0,31	0,37	0,47	0,36	0,60	0,34	0,34	0,43	0,33
Fullerova	0,78	0,45	0,80	0,31	0,70	0,70	0,31	0,37	0,47	0,36	0,60	0,34	0,34	0,43	0,33
Geom. prům.	0,91	0,42	0,91	0,36	0,80	0,89	0,45	0,46	0,46	0,46	0,68	0,45	0,45	0,45	0,45
Saatyho	0,91	0,42	0,91	0,36	0,80	0,89	0,45	0,46	0,46	0,46	0,68	0,45	0,45	0,45	0,45

610, zp5m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	0,50	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	1,00	1,00	0,75	0,13	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,80	0,90	1,00	0,85	0,75	0,00	0,10	0,70	0,65	0,60	0,50	0,40	0,35	0,30	0,25
Pořadí	0,78	0,39	0,80	0,51	0,51	0,70	0,31	0,37	0,37	0,36	0,45	0,34	0,34	0,03	0,33
Fullerova	0,78	0,39	0,80	0,51	0,51	0,70	0,31	0,37	0,37	0,36	0,45	0,34	0,34	0,03	0,33
Geom. prům.	0,91	0,47	0,91	0,58	0,52	0,89	0,45	0,46	0,46	0,46	0,46	0,45	0,45	0,01	0,45
Saatyho	0,91	0,47	0,91	0,58	0,52	0,89	0,45	0,46	0,46	0,46	0,46	0,45	0,45	0,01	0,45

610, zp10m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,10	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40
	1,00	1,00	1,00	0,38	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,80	0,90	1,00	0,85	0,75	0,00	0,10	0,70	0,65	0,60	0,50	0,40	0,35	0,30	0,25
Pořadí	0,78	0,39	0,80	0,60	0,08	0,70	0,35	0,37	0,57	0,36	0,35	0,34	0,34	0,33	0,49
Fullerova	0,78	0,39	0,80	0,60	0,08	0,70	0,35	0,37	0,57	0,36	0,35	0,34	0,34	0,33	0,49
Geom. prům.	0,91	0,47	0,91	0,63	0,02	0,89	0,49	0,46	0,68	0,46	0,46	0,45	0,45	0,45	0,63
Saatyho	0,91	0,47	0,91	0,63	0,02	0,89	0,49	0,46	0,68	0,46	0,46	0,45	0,45	0,45	0,63

610, zp15m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,60	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90
	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,88
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,80	0,90	1,00	0,85	0,75	0,00	0,10	0,70	0,65	0,60	0,50	0,40	0,35	0,30	0,25
Pořadí	0,78	0,39	0,80	0,49	0,38	0,70	0,55	0,37	0,77	0,36	0,35	0,34	0,34	0,33	0,65
Fullerova	0,78	0,39	0,80	0,49	0,38	0,70	0,55	0,37	0,77	0,36	0,35	0,34	0,34	0,33	0,65
Geom. prům.	0,91	0,47	0,91	0,47	0,46	0,89	0,71	0,46	0,90	0,46	0,46	0,45	0,45	0,45	0,79
Saatyho	0,91	0,47	0,91	0,47	0,46	0,89	0,71	0,46	0,90	0,46	0,46	0,45	0,45	0,45	0,79

610, zp20m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,20	1,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	1,00
	1,00	1,00	0,50	0,38	1,00	1,00	0,88	1,00	0,38	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25
	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,80	0,90	1,00	0,85	0,75	0,00	0,10	0,70	0,65	0,60	0,50	0,40	0,35	0,30	0,25
Pořadí	0,98	0,39	0,65	0,20	0,38	0,70	0,67	0,45	0,58	0,36	0,35	0,42	0,34	0,33	0,50
Fullerova	0,98	0,39	0,65	0,20	0,38	0,70	0,67	0,45	0,58	0,36	0,35	0,42	0,34	0,33	0,50
Geom. prům.	0,99	0,47	0,69	0,19	0,46	0,89	0,83	0,55	0,63	0,46	0,46	0,54	0,45	0,45	0,56
Saatyho	0,99	0,47	0,69	0,19	0,46	0,89	0,83	0,55	0,63	0,46	0,46	0,54	0,45	0,45	0,56

610, zp25m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,40	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,70	1,00	0,30	0,00	0,70	0,20	0,00	0,00
	1,00	1,00	1,00	0,38	1,00	1,00	0,25	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,80	0,90	1,00	0,85	0,75	0,00	0,10	0,70	0,65	0,60	0,50	0,40	0,35	0,30	0,25
Pořadí	0,98	0,55	0,40	0,20	0,38	0,70	0,49	0,65	0,47	0,48	0,35	0,62	0,42	0,33	0,03
Fullerova	0,98	0,55	0,40	0,20	0,38	0,70	0,49	0,65	0,47	0,48	0,35	0,62	0,42	0,33	0,03
Geom. prům.	0,99	0,65	0,47	0,19	0,46	0,89	0,56	0,77	0,46	0,59	0,46	0,76	0,54	0,45	0,01
Saatyho	0,99	0,65	0,47	0,19	0,46	0,89	0,56	0,77	0,46	0,59	0,46	0,76	0,54	0,45	0,01

610, zp30m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,90	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,80	0,20	1,00	0,70	0,00	0,00
	1,00	0,75	1,00	0,38	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,80	0,90	1,00	0,85	0,75	0,00	0,10	0,70	0,65	0,60	0,50	0,40	0,35	0,30	0,25
Pořadí	0,98	0,68	0,40	0,20	0,38	0,70	0,01	0,77	0,37	0,68	0,43	0,74	0,62	0,33	0,33
Fullerova	0,98	0,68	0,40	0,20	0,38	0,70	0,01	0,77	0,37	0,68	0,43	0,74	0,62	0,33	0,33
Geom. prům.	0,99	0,76	0,47	0,19	0,46	0,89	0,00	0,91	0,46	0,81	0,55	0,90	0,76	0,45	0,45
Saatyho	0,99	0,76	0,47	0,19	0,46	0,89	0,00	0,91	0,46	0,81	0,55	0,90	0,76	0,45	0,45

610, zp35m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	1,00	0,00	0,40	0,40	1,00	0,00	1,00	0,30	1,00	0,70	1,00	1,00	0,00	0,00
	1,00	0,13	1,00	0,38	1,00	1,00	0,00	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,80	0,90	1,00	0,85	0,75	0,00	0,10	0,70	0,65	0,60	0,50	0,40	0,35	0,30	0,25
Pořadí	0,78	0,53	0,40	0,36	0,54	0,70	0,01	0,70	0,49	0,76	0,63	0,74	0,74	0,33	0,33
Fullerova	0,78	0,53	0,40	0,36	0,54	0,70	0,01	0,70	0,49	0,76	0,63	0,74	0,74	0,33	0,33
Geom. prům.	0,91	0,52	0,47	0,37	0,64	0,89	0,00	0,80	0,59	0,90	0,77	0,90	0,90	0,45	0,45
Saatyho	0,91	0,52	0,47	0,37	0,64	0,89	0,00	0,80	0,59	0,90	0,77	0,90	0,90	0,45	0,45

610, zp40m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,00	0,90	0,90	1,00	0,00	1,00	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
	1,00	0,00	1,00	0,13	0,88	1,00	0,00	0,13	1,00	1,00	1,00	1,00	0,88	1,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,80	0,90	1,00	0,85	0,75	0,00	0,10	0,70	0,65	0,60	0,50	0,40	0,35	0,30	0,25
Pořadí	0,78	0,09	0,40	0,48	0,70	0,70	0,01	0,51	0,69	0,76	0,75	0,74	0,70	0,33	0,33
Fullerova	0,78	0,09	0,40	0,48	0,70	0,70	0,01	0,51	0,69	0,76	0,75	0,74	0,70	0,33	0,33
Geom. prům.	0,91	0,03	0,47	0,48	0,81	0,89	0,00	0,52	0,82	0,90	0,90	0,90	0,84	0,45	0,45
Saatyho	0,91	0,03	0,47	0,48	0,81	0,89	0,00	0,52	0,82	0,90	0,90	0,90	0,84	0,45	0,45

610, zp45m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,40	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
	1,00	0,38	1,00	0,00	0,25	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25	1,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,80	0,90	1,00	0,85	0,75	0,00	0,10	0,70	0,65	0,60	0,50	0,40	0,35	0,30	0,25
Pořadí	0,78	0,20	0,56	0,09	0,55	0,70	0,01	0,07	0,77	0,76	0,75	0,74	0,51	0,33	0,33
Fullerova	0,78	0,20	0,56	0,09	0,55	0,70	0,01	0,07	0,77	0,76	0,75	0,74	0,51	0,33	0,33
Geom. prům.	0,91	0,19	0,65	0,02	0,58	0,89	0,00	0,02	0,90	0,90	0,90	0,90	0,56	0,45	0,45
Saatyho	0,91	0,19	0,65	0,02	0,58	0,89	0,00	0,02	0,90	0,90	0,90	0,90	0,56	0,45	0,45

610, zp50m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,90	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,20
	1,00	0,38	1,00	0,25	0,00	1,00	0,00	1,00	0,50	1,00	0,38	1,00	0,00	1,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,80	0,90	1,00	0,85	0,75	0,00	0,10	0,70	0,65	0,60	0,50	0,40	0,35	0,30	0,25
Pořadí	0,78	0,20	0,76	0,16	0,08	0,70	0,01	0,37	0,62	0,76	0,56	0,74	0,04	0,33	0,41
Fullerova	0,78	0,20	0,76	0,16	0,08	0,70	0,01	0,37	0,62	0,76	0,56	0,74	0,04	0,33	0,41
Geom. prům.	0,91	0,19	0,87	0,13	0,02	0,89	0,00	0,46	0,68	0,90	0,62	0,90	0,01	0,45	0,54
Saatyho	0,91	0,19	0,87	0,13	0,02	0,89	0,00	0,46	0,68	0,90	0,62	0,90	0,01	0,45	0,54

610, zp55m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	0,00	0,40	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,70
	1,00	0,38	1,00	0,25	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,80	0,90	1,00	0,85	0,75	0,00	0,10	0,70	0,65	0,60	0,50	0,40	0,35	0,30	0,25
Pořadí	0,78	0,20	0,80	0,16	0,24	0,70	0,01	0,37	0,47	0,76	0,45	0,74	0,34	0,33	0,61
Fullerova	0,78	0,20	0,80	0,16	0,24	0,70	0,01	0,37	0,47	0,76	0,45	0,74	0,34	0,33	0,61
Geom. prům.	0,91	0,19	0,91	0,13	0,20	0,89	0,00	0,46	0,46	0,90	0,46	0,90	0,45	0,45	0,76
Saatyho	0,91	0,19	0,91	0,13	0,20	0,89	0,00	0,46	0,46	0,90	0,46	0,90	0,45	0,45	0,76

610, zp60m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,40	1,00	0,00	0,90	1,00	0,00	0,00	0,10	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00
	1,00	0,38	0,75	0,25	0,00	1,00	0,00	1,00	0,38	1,00	0,63	1,00	1,00	1,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,80	0,90	1,00	0,85	0,75	0,00	0,10	0,70	0,65	0,60	0,50	0,40	0,35	0,30	0,25
Pořadí	0,78	0,36	0,73	0,16	0,44	0,70	0,01	0,37	0,22	0,76	0,24	0,74	0,34	0,33	0,73
Fullerova	0,78	0,36	0,73	0,16	0,44	0,70	0,01	0,37	0,22	0,76	0,24	0,74	0,34	0,33	0,73
Geom. prům.	0,91	0,37	0,80	0,13	0,42	0,89	0,00	0,46	0,23	0,90	0,29	0,90	0,45	0,45	0,89
Saatyho	0,91	0,37	0,80	0,13	0,42	0,89	0,00	0,46	0,23	0,90	0,29	0,90	0,45	0,45	0,89

700, zp0m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,80	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,70	0,10	1,00	0,60	0,00	0,00
	1,00	0,78	1,00	0,33	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,15	0,10	0,95	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
Pořadí	0,72	0,58	0,34	0,15	0,35	0,72	0,41	0,80	0,80	0,67	0,42	0,78	0,61	0,37	0,36
Fullerova	0,72	0,58	0,34	0,15	0,35	0,72	0,41	0,80	0,80	0,67	0,42	0,78	0,61	0,37	0,36
Geom. prům.	0,89	0,71	0,45	0,16	0,46	0,89	0,45	0,91	0,91	0,78	0,51	0,91	0,73	0,46	0,46
Saatyho	0,89	0,71	0,45	0,16	0,46	0,89	0,45	0,91	0,91	0,78	0,51	0,91	0,73	0,46	0,46

700, zp5m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	1,00	0,00	0,30	0,30	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00	1,00	0,00	0,00
	1,00	0,22	1,00	0,33	1,00	1,00	0,00	0,78	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,15	0,10	0,95	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
Pořadí	0,72	0,50	0,34	0,27	0,47	0,72	0,01	0,73	0,80	0,79	0,62	0,78	0,77	0,37	0,36
Fullerova	0,72	0,50	0,34	0,27	0,47	0,72	0,01	0,73	0,80	0,79	0,62	0,78	0,77	0,37	0,36
Geom. prům.	0,89	0,55	0,45	0,29	0,59	0,89	0,00	0,81	0,91	0,91	0,73	0,91	0,91	0,46	0,46
Saatyho	0,89	0,55	0,45	0,29	0,59	0,89	0,00	0,81	0,91	0,91	0,73	0,91	0,91	0,46	0,46

700, zp10m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,00	0,80	0,80	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
	1,00	0,00	1,00	0,22	0,89	1,00	0,00	0,22	1,00	1,00	1,00	1,00	0,89	1,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,15	0,10	0,95	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
Pořadí	0,72	0,03	0,34	0,43	0,64	0,72	0,01	0,56	0,80	0,79	0,78	0,78	0,74	0,37	0,36
Fullerova	0,72	0,03	0,34	0,43	0,64	0,72	0,01	0,56	0,80	0,79	0,78	0,78	0,74	0,37	0,36
Geom. prům.	0,89	0,01	0,45	0,47	0,76	0,89	0,00	0,57	0,91	0,91	0,91	0,91	0,86	0,46	0,46
Saatyho	0,89	0,01	0,45	0,47	0,76	0,89	0,00	0,57	0,91	0,91	0,91	0,91	0,86	0,46	0,46

700, zp15m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,30	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
	1,00	0,33	1,00	0,00	0,33	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	1,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,15	0,10	0,95	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
Pořadí	0,72	0,13	0,46	0,05	0,55	0,72	0,01	0,10	0,80	0,79	0,78	0,78	0,57	0,37	0,36
Fullerova	0,72	0,13	0,46	0,05	0,55	0,72	0,01	0,10	0,80	0,79	0,78	0,78	0,57	0,37	0,36
Geom. prům.	0,89	0,16	0,59	0,01	0,61	0,89	0,00	0,03	0,91	0,91	0,91	0,91	0,61	0,46	0,46
Saatyho	0,89	0,16	0,59	0,01	0,61	0,89	0,00	0,03	0,91	0,91	0,91	0,91	0,61	0,46	0,46

700, zp20m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,80	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,10
	1,00	0,33	1,00	0,22	0,00	1,00	0,00	1,00	0,56	1,00	0,44	1,00	0,00	1,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,15	0,10	0,95	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
Pořadí	0,72	0,13	0,66	0,11	0,45	0,72	0,01	0,40	0,67	0,79	0,61	0,78	0,47	0,37	0,40
Fullerova	0,72	0,13	0,66	0,11	0,45	0,72	0,01	0,40	0,67	0,79	0,61	0,78	0,47	0,37	0,40
Geom. prům.	0,89	0,16	0,81	0,11	0,46	0,89	0,00	0,47	0,72	0,91	0,66	0,91	0,46	0,46	0,50
Saatyho	0,89	0,16	0,81	0,11	0,46	0,89	0,00	0,47	0,72	0,91	0,66	0,91	0,46	0,46	0,50

700, zp25m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	0,00	0,30	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,60
	1,00	0,33	1,00	0,22	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,15	0,10	0,95	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
Pořadí	0,72	0,13	0,74	0,11	0,17	0,72	0,01	0,40	0,50	0,79	0,48	0,78	0,37	0,37	0,60
Fullerova	0,72	0,13	0,74	0,11	0,17	0,72	0,01	0,40	0,50	0,79	0,48	0,78	0,37	0,37	0,60
Geom. prům.	0,89	0,16	0,90	0,11	0,15	0,89	0,00	0,47	0,47	0,91	0,47	0,91	0,46	0,46	0,73
Saatyho	0,89	0,16	0,90	0,11	0,15	0,89	0,00	0,47	0,47	0,91	0,47	0,91	0,46	0,46	0,73

700, zp30m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,30	1,00	0,00	0,80	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00
	1,00	0,33	0,78	0,22	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,56	1,00	1,00	1,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,15	0,10	0,95	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
Pořadí	0,72	0,25	0,67	0,11	0,37	0,72	0,01	0,40	0,10	0,79	0,25	0,78	0,37	0,37	0,76
Fullerova	0,72	0,25	0,67	0,11	0,37	0,72	0,01	0,40	0,10	0,79	0,25	0,78	0,37	0,37	0,76
Geom. prům.	0,89	0,29	0,80	0,11	0,37	0,89	0,00	0,47	0,03	0,91	0,27	0,91	0,46	0,46	0,90
Saatyho	0,89	0,29	0,80	0,11	0,37	0,89	0,00	0,47	0,03	0,91	0,27	0,91	0,46	0,46	0,90

700, zp35m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,80	0,00	0,00	0,30	1,00	0,00	0,00	0,50	1,00	0,00	1,00	0,30	0,00	1,00
	1,00	0,22	0,22	0,22	1,00	1,00	0,00	1,00	0,33	1,00	0,56	1,00	1,00	1,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,15	0,10	0,95	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
Pořadí	0,72	0,42	0,11	0,11	0,47	0,72	0,01	0,40	0,40	0,79	0,25	0,78	0,49	0,37	0,76
Fullerova	0,72	0,42	0,11	0,11	0,47	0,72	0,01	0,40	0,40	0,79	0,25	0,78	0,49	0,37	0,76
Geom. prům.	0,89	0,46	0,11	0,11	0,59	0,89	0,00	0,47	0,40	0,91	0,27	0,91	0,60	0,46	0,90
Saatyho	0,89	0,46	0,11	0,11	0,59	0,89	0,00	0,47	0,40	0,91	0,27	0,91	0,60	0,46	0,90

700, zp40m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,00	0,30	0,80	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,80	0,00	1,00
	1,00	0,00	1,00	0,22	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,56	1,00	1,00	1,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,15	0,10	0,95	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
Pořadí	0,72	0,03	0,34	0,23	0,67	0,72	0,01	0,40	0,50	0,79	0,25	0,78	0,69	0,37	0,76
Fullerova	0,72	0,03	0,34	0,23	0,67	0,72	0,01	0,40	0,50	0,79	0,25	0,78	0,69	0,37	0,76
Geom. prům.	0,89	0,01	0,45	0,24	0,81	0,89	0,00	0,47	0,47	0,91	0,27	0,91	0,82	0,46	0,90
Saatyho	0,89	0,01	0,45	0,24	0,81	0,89	0,00	0,47	0,47	0,91	0,27	0,91	0,82	0,46	0,90

700, zp45m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,00	0,80	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,30	1,00	1,00	0,00	1,00
	0,67	0,11	1,00	0,11	0,44	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,56	0,56	0,89	1,00	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,15	0,10	0,95	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
Pořadí	0,62	0,06	0,34	0,40	0,58	0,72	0,01	0,40	0,10	0,79	0,37	0,64	0,74	0,37	0,76
Fullerova	0,60	0,06	0,34	0,40	0,58	0,72	0,01	0,40	0,10	0,79	0,37	0,64	0,74	0,37	0,76
Geom. prům.	0,74	0,06	0,45	0,42	0,65	0,89	0,00	0,47	0,03	0,91	0,40	0,71	0,86	0,46	0,90
Saatyho	0,74	0,06	0,45	0,42	0,65	0,89	0,00	0,47	0,03	0,91	0,40	0,71	0,86	0,46	0,90

700, zp50m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,30	0,00	1,00	0,80	1,00	1,00	0,00	1,00
	0,11	0,11	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,44	0,00	0,33	1,00	0,44
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,15	0,10	0,95	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
Pořadí	0,45	0,06	0,34	0,05	0,45	0,72	0,01	0,52	0,10	0,79	0,53	0,48	0,57	0,37	0,59
Fullerova	0,41	0,06	0,34	0,05	0,45	0,72	0,01	0,52	0,10	0,79	0,53	0,48	0,57	0,37	0,59
Geom. prům.	0,50	0,06	0,45	0,01	0,46	0,89	0,00	0,60	0,03	0,91	0,57	0,46	0,61	0,46	0,66
Saatyho	0,50	0,06	0,45	0,01	0,46	0,89	0,00	0,60	0,03	0,91	0,57	0,46	0,61	0,46	0,66

700, zp55m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	1,00	0,00	0,80	0,30	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
	0,00	0,11	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,15	0,10	0,95	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
Pořadí	0,02	0,06	0,46	0,35	0,05	0,72	0,01	0,72	0,22	0,79	0,48	0,08	0,47	0,37	0,46
Fullerova	0,02	0,06	0,46	0,35	0,05	0,72	0,01	0,72	0,22	0,79	0,48	0,08	0,47	0,37	0,46
Geom. prům.	0,01	0,06	0,59	0,46	0,01	0,89	0,00	0,82	0,16	0,91	0,47	0,02	0,46	0,46	0,46
Saatyho	0,01	0,06	0,59	0,46	0,01	0,89	0,00	0,82	0,16	0,91	0,47	0,02	0,46	0,46	0,46

700, zp60m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	0,00	0,00	0,80	0,00	0,30	1,00	0,50	1,00	0,80	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,11	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,33	1,00	1,00	1,00	0,56
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,15	0,10	0,95	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
Pořadí	0,32	0,06	0,66	0,35	0,17	0,72	0,21	0,80	0,42	0,79	0,18	0,38	0,37	0,37	0,23
Fullerova	0,32	0,06	0,66	0,35	0,17	0,72	0,21	0,80	0,42	0,79	0,18	0,38	0,37	0,37	0,23
Geom. prům.	0,45	0,06	0,81	0,46	0,15	0,89	0,22	0,91	0,38	0,91	0,17	0,46	0,46	0,46	0,26
Saatyho	0,45	0,06	0,81	0,46	0,15	0,89	0,22	0,91	0,38	0,91	0,17	0,46	0,46	0,46	0,26

222, zp0m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,60	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
	1,00	0,12	0,48	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,28	1,00	0,24	1,00	0,00	0,36	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,80	0,85	0,90	1,00	0,95	0,15	0,10	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
Pořadí	0,78	0,12	0,47	0,80	0,50	0,72	0,01	0,38	0,55	0,77	0,53	0,76	0,45	0,15	0,34
Fullerova	0,78	0,12	0,47	0,80	0,50	0,72	0,01	0,38	0,55	0,77	0,53	0,76	0,45	0,15	0,34
Geom. prům.	0,91	0,08	0,50	0,91	0,47	0,89	0,00	0,46	0,59	0,90	0,57	0,90	0,46	0,17	0,45
Saatyho	0,91	0,08	0,50	0,91	0,47	0,89	0,00	0,46	0,59	0,90	0,57	0,90	0,46	0,17	0,45

222, zp5m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,40
	1,00	0,12	0,56	0,92	0,00	1,00	0,00	1,00	0,08	1,00	0,04	1,00	0,00	0,36	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,80	0,85	0,90	1,00	0,95	0,15	0,10	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
Pořadí	0,78	0,12	0,66	0,78	0,10	0,72	0,01	0,38	0,49	0,77	0,47	0,76	0,05	0,15	0,50
Fullerova	0,78	0,12	0,66	0,78	0,10	0,72	0,01	0,38	0,49	0,77	0,47	0,76	0,05	0,15	0,50
Geom. prům.	0,91	0,08	0,72	0,88	0,03	0,89	0,00	0,46	0,50	0,90	0,48	0,90	0,01	0,17	0,63
Saatyho	0,91	0,08	0,72	0,88	0,03	0,89	0,00	0,46	0,50	0,90	0,48	0,90	0,01	0,17	0,63

222, zp10m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,10	1,00	1,00	0,60	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,90
	0,92	0,12	0,36	0,72	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,88	0,56	0,36	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,80	0,85	0,90	1,00	0,95	0,15	0,10	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
Pořadí	0,76	0,16	0,60	0,72	0,34	0,72	0,01	0,38	0,07	0,77	0,06	0,72	0,22	0,15	0,70
Fullerova	0,76	0,16	0,60	0,72	0,34	0,72	0,01	0,38	0,07	0,77	0,06	0,72	0,22	0,15	0,70
Geom. prům.	0,87	0,12	0,63	0,79	0,29	0,89	0,00	0,46	0,02	0,90	0,02	0,85	0,26	0,17	0,85
Saatyho	0,87	0,12	0,63	0,79	0,29	0,89	0,00	0,46	0,02	0,90	0,02	0,85	0,26	0,17	0,85

222, zp15m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,60	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,30	1,00	0,00	1,00	0,10	0,00	1,00
	0,72	0,12	0,16	0,52	0,00	1,00	0,00	1,00	0,12	1,00	0,20	0,68	0,56	0,36	0,84
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,80	0,85	0,90	1,00	0,95	0,15	0,10	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
Pořadí	0,70	0,36	0,54	0,66	0,10	0,72	0,01	0,38	0,23	0,77	0,12	0,66	0,26	0,15	0,69
Fullerova	0,68	0,36	0,54	0,66	0,10	0,72	0,01	0,38	0,23	0,77	0,12	0,66	0,26	0,15	0,69
Geom. prům.	0,78	0,34	0,54	0,70	0,03	0,89	0,00	0,46	0,21	0,90	0,11	0,76	0,31	0,17	0,83
Saatyho	0,78	0,34	0,54	0,70	0,03	0,89	0,00	0,46	0,21	0,90	0,11	0,76	0,31	0,17	0,83

222, zp20m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	1,00	0,00	1,00	0,60	1,00	0,00	0,00	0,80	1,00	0,00	1,00	0,60	0,00	1,00
	0,52	0,00	1,00	0,32	0,40	1,00	0,00	1,00	0,08	1,00	0,20	0,48	0,56	0,36	0,64
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,80	0,85	0,90	1,00	0,95	0,15	0,10	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
Pořadí	0,64	0,49	0,39	0,60	0,46	0,72	0,01	0,38	0,41	0,77	0,12	0,60	0,46	0,15	0,63
Fullerova	0,61	0,49	0,39	0,60	0,46	0,72	0,01	0,38	0,41	0,77	0,12	0,60	0,46	0,15	0,63
Geom. prům.	0,70	0,47	0,47	0,61	0,47	0,89	0,00	0,46	0,41	0,90	0,11	0,67	0,53	0,17	0,74
Saatyho	0,70	0,47	0,47	0,61	0,47	0,89	0,00	0,46	0,41	0,90	0,11	0,67	0,53	0,17	0,74

222, zp25m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,10	1,00	1,00	0,00	1,00
	0,32	0,04	1,00	0,12	0,24	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,20	0,28	0,40	0,36	0,44
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,80	0,85	0,90	1,00	0,95	0,15	0,10	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
Pořadí	0,58	0,10	0,39	0,54	0,57	0,72	0,01	0,38	0,07	0,77	0,16	0,54	0,57	0,15	0,57
Fullerova	0,54	0,10	0,39	0,54	0,57	0,72	0,01	0,38	0,07	0,77	0,16	0,54	0,57	0,15	0,57
Geom. prům.	0,61	0,04	0,47	0,52	0,58	0,89	0,00	0,46	0,02	0,90	0,15	0,58	0,63	0,17	0,65
Saatyho	0,61	0,04	0,47	0,52	0,58	0,89	0,00	0,46	0,02	0,90	0,15	0,58	0,63	0,17	0,65

222, zp30m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,10	0,00	1,00	0,60	1,00	1,00	0,00	1,00
	0,12	0,04	1,00	0,00	0,04	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,20	0,08	0,20	0,36	0,24
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,80	0,85	0,90	1,00	0,95	0,15	0,10	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
Pořadí	0,52	0,10	0,39	0,50	0,51	0,72	0,01	0,42	0,07	0,77	0,36	0,48	0,51	0,15	0,51
Fullerova	0,47	0,10	0,39	0,50	0,51	0,72	0,01	0,42	0,07	0,77	0,36	0,48	0,51	0,15	0,51
Geom. prům.	0,52	0,04	0,47	0,47	0,49	0,89	0,00	0,51	0,02	0,90	0,37	0,49	0,55	0,17	0,56
Saatyho	0,52	0,04	0,47	0,47	0,49	0,89	0,00	0,51	0,02	0,90	0,37	0,49	0,55	0,17	0,56

222, zp35m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	1,00	0,00	0,60	0,10	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
	0,00	0,04	1,00	0,92	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,04	0,00	0,00	0,36	0,04
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,80	0,85	0,90	1,00	0,95	0,15	0,10	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
Pořadí	0,48	0,10	0,43	0,38	0,10	0,72	0,01	0,62	0,11	0,77	0,47	0,06	0,45	0,15	0,45
Fullerova	0,43	0,10	0,43	0,38	0,10	0,72	0,01	0,62	0,11	0,77	0,47	0,06	0,45	0,15	0,45
Geom. prům.	0,47	0,04	0,51	0,44	0,03	0,89	0,00	0,73	0,06	0,90	0,48	0,02	0,46	0,17	0,47
Saatyho	0,47	0,04	0,51	0,44	0,03	0,89	0,00	0,73	0,06	0,90	0,48	0,02	0,46	0,17	0,47

222, zp40m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	0,00	0,00	0,60	0,00	0,10	1,00	0,30	1,00	0,50	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,04	1,00	0,92	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,36	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,80	0,85	0,90	1,00	0,95	0,15	0,10	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
Pořadí	0,38	0,10	0,63	0,38	0,14	0,72	0,13	0,78	0,27	0,77	0,06	0,36	0,05	0,15	0,04
Fullerova	0,43	0,10	0,63	0,38	0,14	0,72	0,13	0,78	0,27	0,77	0,06	0,36	0,05	0,15	0,04
Geom. prům.	0,47	0,04	0,73	0,44	0,07	0,89	0,14	0,91	0,24	0,90	0,02	0,46	0,01	0,17	0,01
Saatyho	0,47	0,04	0,73	0,44	0,07	0,89	0,14	0,91	0,24	0,90	0,02	0,46	0,01	0,17	0,01

222, zp45m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	0,10	0,00	1,00	0,00	0,40	1,00	0,80	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,04	1,00	0,92	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,12	1,00	1,00	0,36	0,20
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,80	0,85	0,90	1,00	0,95	0,15	0,10	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
Pořadí	0,42	0,10	0,79	0,38	0,26	0,72	0,33	0,78	0,07	0,77	0,10	0,36	0,35	0,15	0,10
Fullerova	0,47	0,10	0,79	0,38	0,26	0,72	0,33	0,78	0,07	0,77	0,10	0,36	0,35	0,15	0,10
Geom. prům.	0,51	0,04	0,91	0,44	0,20	0,89	0,36	0,91	0,02	0,90	0,07	0,46	0,46	0,17	0,10
Saatyho	0,51	0,04	0,91	0,44	0,20	0,89	0,36	0,91	0,02	0,90	0,07	0,46	0,46	0,17	0,10

222, zp50m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	0,60	0,00	1,00	0,10	0,00	1,00	0,00	1,00	0,30	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,04	1,00	0,92	0,24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,12	1,00	1,00	0,36	0,20
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,80	0,85	0,90	1,00	0,95	0,15	0,10	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
Pořadí	0,62	0,10	0,79	0,42	0,17	0,72	0,31	0,78	0,49	0,77	0,10	0,36	0,35	0,15	0,10
Fullerova	0,64	0,10	0,79	0,42	0,17	0,72	0,31	0,78	0,49	0,77	0,10	0,36	0,35	0,15	0,10
Geom. prům.	0,73	0,04	0,91	0,48	0,13	0,89	0,45	0,91	0,60	0,90	0,07	0,46	0,46	0,17	0,10
Saatyho	0,73	0,04	0,91	0,48	0,13	0,89	0,45	0,91	0,60	0,90	0,07	0,46	0,46	0,17	0,10

222, zp55m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,10	1,00	0,60	0,00	1,00	0,00	1,00	0,80	1,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,20
	1,00	0,04	0,80	0,92	0,24	1,00	1,00	1,00	1,00	0,88	0,12	1,00	1,00	0,36	0,20
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,80	0,85	0,90	1,00	0,95	0,15	0,10	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
Pořadí	0,78	0,14	0,73	0,62	0,17	0,72	0,31	0,78	0,69	0,73	0,10	0,48	0,35	0,15	0,18
Fullerova	0,78	0,14	0,73	0,62	0,17	0,72	0,31	0,78	0,69	0,73	0,10	0,48	0,35	0,15	0,18
Geom. prům.	0,91	0,09	0,82	0,70	0,13	0,89	0,45	0,91	0,82	0,85	0,07	0,59	0,46	0,17	0,19
Saatyho	0,91	0,09	0,82	0,70	0,13	0,89	0,45	0,91	0,82	0,85	0,07	0,59	0,46	0,17	0,19

222, zp60m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,60	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,80	0,00	0,30	0,70
	1,00	0,04	0,60	0,76	0,24	1,00	1,00	1,00	1,00	0,68	0,12	1,00	1,00	0,36	0,20
	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
	0,80	0,85	0,90	1,00	0,95	0,15	0,10	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
Pořadí	0,98	0,34	0,67	0,73	0,17	0,72	0,31	0,78	0,77	0,67	0,10	0,88	0,35	0,27	0,38
Fullerova	0,98	0,34	0,67	0,73	0,17	0,72	0,31	0,78	0,77	0,67	0,10	0,88	0,35	0,27	0,38
Geom. prům.	0,99	0,31	0,73	0,81	0,13	0,89	0,45	0,91	0,91	0,76	0,07	0,90	0,46	0,31	0,41
Saatyho	0,99	0,31	0,73	0,81	0,13	0,89	0,45	0,91	0,91	0,76	0,07	0,90	0,46	0,31	0,41

500, zp0m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,30	1,00	0,00	0,80	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00
	1,00	0,17	0,39	0,11	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,78	0,50	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,15	0,10	0,70	0,85	0,95	1,00	0,90	0,80	0,75	0,65
Pořadí	0,74	0,22	0,57	0,09	0,38	0,72	0,31	0,37	0,09	0,80	0,80	0,79	0,31	0,23	0,77
Fullerova	0,74	0,22	0,57	0,09	0,38	0,72	0,31	0,37	0,09	0,80	0,80	0,79	0,31	0,23	0,77
Geom. prům.	0,90	0,22	0,63	0,06	0,37	0,89	0,45	0,46	0,02	0,91	0,91	0,91	0,37	0,24	0,90
Saatyho	0,90	0,22	0,63	0,06	0,37	0,89	0,45	0,46	0,02	0,91	0,91	0,91	0,37	0,24	0,90

500, zp5m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,80	0,00	0,00	0,30	1,00	0,00	0,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,30	0,00	1,00
	0,89	0,11	0,11	0,11	0,56	1,00	0,00	1,00	0,17	1,00	1,00	0,83	0,78	0,50	1,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,15	0,10	0,70	0,85	0,95	1,00	0,90	0,80	0,75	0,65
Pořadí	0,71	0,40	0,08	0,09	0,35	0,72	0,01	0,37	0,34	0,80	0,80	0,74	0,43	0,23	0,77
Fullerova	0,70	0,40	0,08	0,09	0,35	0,72	0,01	0,37	0,34	0,80	0,80	0,74	0,43	0,23	0,77
Geom. prům.	0,85	0,42	0,06	0,06	0,40	0,89	0,00	0,46	0,32	0,91	0,91	0,84	0,50	0,24	0,90
Saatyho	0,85	0,42	0,06	0,06	0,40	0,89	0,00	0,46	0,32	0,91	0,91	0,84	0,50	0,24	0,90

500, zp10m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,00	0,30	0,80	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	0,00	1,00
	0,61	0,00	1,00	0,11	0,50	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,78	0,56	0,72	0,50	0,78
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,15	0,10	0,70	0,85	0,95	1,00	0,90	0,80	0,75	0,65
Pořadí	0,62	0,05	0,35	0,21	0,53	0,72	0,01	0,37	0,49	0,80	0,73	0,66	0,62	0,23	0,70
Fullerova	0,60	0,05	0,35	0,21	0,53	0,72	0,01	0,37	0,49	0,80	0,73	0,66	0,62	0,23	0,70
Geom. prům.	0,73	0,01	0,46	0,20	0,59	0,89	0,00	0,46	0,47	0,91	0,82	0,71	0,70	0,24	0,81
Saatyho	0,73	0,01	0,46	0,20	0,59	0,89	0,00	0,46	0,47	0,91	0,82	0,71	0,70	0,24	0,81

500, zp15m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,00	0,80	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00
	0,33	0,06	1,00	0,06	0,22	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,50	0,28	0,44	0,50	0,50
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,15	0,10	0,70	0,85	0,95	1,00	0,90	0,80	0,75	0,65
Pořadí	0,54	0,06	0,35	0,39	0,53	0,72	0,01	0,37	0,09	0,80	0,65	0,57	0,61	0,23	0,62
Fullerova	0,51	0,06	0,35	0,39	0,53	0,72	0,01	0,37	0,09	0,80	0,65	0,57	0,61	0,23	0,62
Geom. prům.	0,60	0,04	0,46	0,39	0,56	0,89	0,00	0,46	0,02	0,91	0,69	0,59	0,66	0,24	0,68
Saatyho	0,60	0,04	0,46	0,39	0,56	0,89	0,00	0,46	0,02	0,91	0,69	0,59	0,66	0,24	0,68

500, zp20m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,30	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00
	0,06	0,06	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,22	0,00	0,17	0,50	0,22
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,15	0,10	0,70	0,85	0,95	1,00	0,90	0,80	0,75	0,65
Pořadí	0,46	0,06	0,35	0,06	0,46	0,72	0,01	0,49	0,09	0,80	0,57	0,49	0,53	0,23	0,53
Fullerova	0,41	0,06	0,35	0,06	0,46	0,72	0,01	0,49	0,09	0,80	0,57	0,49	0,53	0,23	0,53
Geom. prům.	0,48	0,04	0,46	0,02	0,46	0,89	0,00	0,60	0,02	0,91	0,57	0,47	0,54	0,24	0,56
Saatyho	0,48	0,04	0,46	0,02	0,46	0,89	0,00	0,60	0,02	0,91	0,57	0,47	0,54	0,24	0,56

500, zp25m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	1,00	0,00	0,80	0,30	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
	0,00	0,06	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,15	0,10	0,70	0,85	0,95	1,00	0,90	0,80	0,75	0,65
Pořadí	0,04	0,06	0,47	0,36	0,06	0,72	0,01	0,69	0,21	0,80	0,50	0,09	0,48	0,23	0,47
Fullerova	0,04	0,06	0,47	0,36	0,06	0,72	0,01	0,69	0,21	0,80	0,50	0,09	0,48	0,23	0,47
Geom. prům.	0,01	0,04	0,59	0,46	0,02	0,89	0,00	0,82	0,16	0,91	0,47	0,03	0,47	0,24	0,46
Saatyho	0,01	0,04	0,59	0,46	0,02	0,89	0,00	0,82	0,16	0,91	0,47	0,03	0,47	0,24	0,46

500, zp30m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	0,00	0,00	0,80	0,00	0,30	1,00	0,50	1,00	0,80	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,06	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,17	1,00	1,00	0,50	0,28
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,15	0,10	0,70	0,85	0,95	1,00	0,90	0,80	0,75	0,65
Pořadí	0,34	0,06	0,67	0,36	0,18	0,72	0,21	0,77	0,41	0,80	0,15	0,39	0,38	0,23	0,15
Fullerova	0,39	0,06	0,67	0,36	0,18	0,72	0,21	0,77	0,41	0,80	0,15	0,39	0,38	0,23	0,15
Geom. prům.	0,45	0,04	0,81	0,46	0,15	0,89	0,22	0,91	0,38	0,91	0,10	0,47	0,47	0,24	0,14
Saatyho	0,45	0,04	0,81	0,46	0,15	0,89	0,22	0,91	0,38	0,91	0,10	0,47	0,47	0,24	0,14

500, zp35m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	0,30	0,00	1,00	0,00	0,80	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,06	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,17	1,00	1,00	0,50	0,28
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,15	0,10	0,70	0,85	0,95	1,00	0,90	0,80	0,75	0,65
Pořadí	0,46	0,06	0,75	0,36	0,38	0,72	0,01	0,77	0,39	0,80	0,15	0,39	0,38	0,23	0,15
Fullerova	0,50	0,06	0,75	0,36	0,38	0,72	0,01	0,77	0,39	0,80	0,15	0,39	0,38	0,23	0,15
Geom. prům.	0,59	0,04	0,90	0,46	0,37	0,89	0,00	0,91	0,47	0,91	0,10	0,47	0,47	0,24	0,14
Saatyho	0,59	0,04	0,90	0,46	0,37	0,89	0,00	0,91	0,47	0,91	0,10	0,47	0,47	0,24	0,14

500, zp40m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	0,80	0,00	1,00	0,30	0,00	1,00	0,00	1,00	0,50	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,06	1,00	1,00	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,17	1,00	1,00	0,50	0,28
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,15	0,10	0,70	0,85	0,95	1,00	0,90	0,80	0,75	0,65
Pořadí	0,66	0,06	0,75	0,48	0,16	0,72	0,31	0,77	0,59	0,80	0,15	0,39	0,38	0,23	0,15
Fullerova	0,67	0,06	0,75	0,48	0,16	0,72	0,31	0,77	0,59	0,80	0,15	0,39	0,38	0,23	0,15
Geom. prům.	0,81	0,04	0,90	0,59	0,16	0,89	0,45	0,91	0,69	0,91	0,10	0,47	0,47	0,24	0,14
Saatyho	0,81	0,04	0,90	0,59	0,16	0,89	0,45	0,91	0,69	0,91	0,10	0,47	0,47	0,24	0,14

500, zp45m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,30	1,00	0,80	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,40
	1,00	0,06	1,00	1,00	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,17	1,00	1,00	0,50	0,28
	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,15	0,10	0,70	0,85	0,95	1,00	0,90	0,80	0,75	0,65
Pořadí	0,94	0,18	0,75	0,68	0,16	0,72	0,31	0,77	0,79	0,80	0,15	0,59	0,38	0,23	0,51
Fullerova	0,94	0,18	0,75	0,68	0,16	0,72	0,31	0,77	0,79	0,80	0,15	0,59	0,38	0,23	0,51
Geom. prům.	0,98	0,17	0,90	0,81	0,16	0,89	0,45	0,91	0,91	0,91	0,10	0,69	0,47	0,24	0,40
Saatyho	0,98	0,17	0,90	0,81	0,16	0,89	0,45	0,91	0,91	0,91	0,10	0,69	0,47	0,24	0,40

500, zp50m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,80	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,10	0,50	0,90
	1,00	0,00	0,72	0,94	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83	0,17	1,00	1,00	0,50	0,17
	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00
	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,15	0,10	0,70	0,85	0,95	1,00	0,90	0,80	0,75	0,65
Pořadí	0,94	0,37	0,67	0,74	0,16	0,72	0,31	0,77	0,79	0,75	0,15	0,99	0,42	0,43	0,68
Fullerova	0,94	0,37	0,67	0,74	0,16	0,72	0,31	0,77	0,79	0,75	0,15	0,99	0,42	0,43	0,68
Geom. prům.	0,98	0,37	0,78	0,88	0,16	0,89	0,45	0,91	0,91	0,84	0,10	1,00	0,51	0,46	0,58
Saatyho	0,98	0,37	0,78	0,88	0,16	0,89	0,45	0,91	0,91	0,84	0,10	1,00	0,51	0,46	0,58

500, zp55m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,60	1,00	1,00
	1,00	0,00	0,44	0,67	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	0,56	0,17	1,00	1,00	0,33	0,00
	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00
	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,15	0,10	0,70	0,85	0,95	1,00	0,90	0,80	0,75	0,65
Pořadí	0,94	0,05	0,58	0,66	0,16	0,72	0,31	0,77	0,79	0,66	0,15	0,99	0,62	0,58	0,67
Fullerova	0,94	0,05	0,58	0,66	0,16	0,72	0,31	0,77	0,79	0,66	0,15	0,99	0,62	0,58	0,67
Geom. prům.	0,98	0,01	0,65	0,75	0,16	0,89	0,45	0,91	0,91	0,72	0,10	1,00	0,73	0,61	0,55
Saatyho	0,98	0,01	0,65	0,75	0,16	0,89	0,45	0,91	0,91	0,72	0,10	1,00	0,73	0,61	0,55

500, zp60m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00
	1,00	0,83	0,17	0,39	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	0,28	0,17	1,00	1,00	0,06	0,00
	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,15	0,10	0,70	0,85	0,95	1,00	0,90	0,80	0,75	0,65
Pořadí	0,94	0,30	0,10	0,57	0,16	0,72	0,31	0,77	0,79	0,58	0,15	0,99	0,78	0,49	0,07
Fullerova	0,94	0,30	0,10	0,57	0,16	0,72	0,31	0,77	0,79	0,58	0,15	0,99	0,78	0,49	0,07
Geom. prům.	0,98	0,38	0,09	0,63	0,16	0,89	0,45	0,91	0,91	0,59	0,10	1,00	0,91	0,49	0,02
Saatyho	0,98	0,38	0,09	0,63	0,16	0,89	0,45	0,91	0,91	0,59	0,10	1,00	0,91	0,49	0,02

702, zp0m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,00	0,90	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,40	1,00	1,00	0,00	1,00
	0,42	0,08	1,00	0,00	0,25	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,42	0,33	0,58	0,75	0,67
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,35	0,40	0,45	0,55	0,65	0,15	0,10	0,95	1,00	0,90	0,85	0,75	0,70	0,60	0,50
Pořadí	0,56	0,07	0,35	0,42	0,54	0,72	0,01	0,40	0,80	0,79	0,37	0,58	0,65	0,29	0,65
Fullerova	0,53	0,07	0,35	0,42	0,54	0,72	0,01	0,40	0,80	0,79	0,37	0,58	0,65	0,29	0,65
Geom. prům.	0,64	0,05	0,46	0,41	0,57	0,89	0,00	0,47	0,91	0,91	0,39	0,61	0,72	0,35	0,75
Saatyho	0,64	0,05	0,46	0,41	0,57	0,89	0,00	0,47	0,91	0,91	0,39	0,61	0,72	0,35	0,75

702, zp5m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,40	1,00	1,00	0,90	1,00	1,00	0,00	1,00
	0,00	0,08	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,58	1,00	0,25	0,00	0,17	0,75	0,25
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,35	0,40	0,45	0,55	0,65	0,15	0,10	0,95	1,00	0,90	0,85	0,75	0,70	0,60	0,50
Pořadí	0,44	0,07	0,35	0,06	0,47	0,72	0,01	0,56	0,68	0,79	0,52	0,48	0,52	0,29	0,53
Fullerova	0,39	0,07	0,35	0,06	0,47	0,72	0,01	0,56	0,68	0,79	0,52	0,48	0,52	0,29	0,53
Geom. prům.	0,45	0,05	0,46	0,02	0,46	0,89	0,00	0,65	0,73	0,91	0,53	0,46	0,54	0,35	0,57
Saatyho	0,45	0,05	0,46	0,02	0,46	0,89	0,00	0,65	0,73	0,91	0,53	0,46	0,54	0,35	0,57

702, zp10m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	1,00	0,10	0,90	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00
	0,00	0,08	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,17	1,00	0,00	1,00	0,00	0,75	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,35	0,40	0,45	0,55	0,65	0,15	0,10	0,95	1,00	0,90	0,85	0,75	0,70	0,60	0,50
Pořadí	0,04	0,07	0,51	0,36	0,07	0,72	0,05	0,76	0,55	0,79	0,49	0,38	0,07	0,29	0,45
Fullerova	0,04	0,07	0,51	0,36	0,07	0,72	0,05	0,76	0,55	0,79	0,49	0,38	0,07	0,29	0,45
Geom. prům.	0,01	0,05	0,63	0,46	0,02	0,89	0,05	0,87	0,55	0,91	0,47	0,46	0,02	0,35	0,46
Saatyho	0,01	0,05	0,63	0,46	0,02	0,89	0,05	0,87	0,55	0,91	0,47	0,46	0,02	0,35	0,46

702, zp15m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	0,00	0,00	0,90	0,00	0,40	1,00	0,60	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,08	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,25	1,00	1,00	0,75	0,42
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,35	0,40	0,45	0,55	0,65	0,15	0,10	0,95	1,00	0,90	0,85	0,75	0,70	0,60	0,50
Pořadí	0,34	0,07	0,71	0,36	0,23	0,72	0,25	0,80	0,10	0,79	0,16	0,38	0,37	0,29	0,18
Fullerova	0,39	0,07	0,71	0,36	0,23	0,72	0,25	0,80	0,10	0,79	0,16	0,38	0,37	0,29	0,18
Geom. prům.	0,45	0,05	0,85	0,46	0,20	0,89	0,27	0,91	0,03	0,91	0,13	0,46	0,46	0,35	0,20
Saatyho	0,45	0,05	0,85	0,46	0,20	0,89	0,27	0,91	0,03	0,91	0,13	0,46	0,46	0,35	0,20

702, zp20m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	0,40	0,00	1,00	0,00	0,90	1,00	0,00	1,00	0,10	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,08	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,25	1,00	1,00	0,75	0,42
	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,35	0,40	0,45	0,55	0,65	0,15	0,10	0,95	1,00	0,90	0,85	0,75	0,70	0,60	0,50
Pořadí	0,50	0,07	0,75	0,36	0,63	0,72	0,01	0,80	0,44	0,79	0,16	0,38	0,37	0,29	0,18
Fullerova	0,53	0,07	0,75	0,36	0,63	0,72	0,01	0,80	0,44	0,79	0,16	0,38	0,37	0,29	0,18
Geom. prům.	0,63	0,05	0,90	0,46	0,50	0,89	0,00	0,91	0,52	0,91	0,13	0,46	0,46	0,35	0,20
Saatyho	0,63	0,05	0,90	0,46	0,50	0,89	0,00	0,91	0,52	0,91	0,13	0,46	0,46	0,35	0,20

702, zp25m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	0,90	0,00	1,00	0,40	0,00	1,00	0,00	1,00	0,60	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,08	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25	1,00	1,00	0,75	0,42
	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,35	0,40	0,45	0,55	0,65	0,15	0,10	0,95	1,00	0,90	0,85	0,75	0,70	0,60	0,50
Pořadí	0,70	0,07	0,75	0,52	0,42	0,72	0,31	0,80	0,64	0,79	0,16	0,42	0,37	0,29	0,18
Fullerova	0,70	0,07	0,75	0,52	0,42	0,72	0,31	0,80	0,64	0,79	0,16	0,42	0,37	0,29	0,18
Geom. prům.	0,85	0,05	0,90	0,64	0,33	0,89	0,45	0,91	0,74	0,91	0,13	0,51	0,46	0,35	0,20
Saatyho	0,85	0,05	0,90	0,64	0,33	0,89	0,45	0,91	0,74	0,91	0,13	0,51	0,46	0,35	0,20

702, zp30m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,40	1,00	0,90	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,60	0,00	0,10	0,50
	1,00	0,08	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25	1,00	1,00	0,75	0,42
	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00
	0,35	0,40	0,45	0,55	0,65	0,15	0,10	0,95	1,00	0,90	0,85	0,75	0,70	0,60	0,50
Pořadí	0,94	0,23	0,75	0,72	0,42	0,72	0,31	0,80	0,80	0,79	0,16	0,82	0,37	0,33	0,58
Fullerova	0,94	0,23	0,75	0,72	0,42	0,72	0,31	0,80	0,80	0,79	0,16	0,82	0,37	0,33	0,58
Geom. prům.	0,98	0,23	0,90	0,86	0,33	0,89	0,45	0,91	0,91	0,91	0,13	0,82	0,46	0,39	0,51
Saatyho	0,98	0,23	0,90	0,86	0,33	0,89	0,45	0,91	0,91	0,91	0,13	0,82	0,46	0,39	0,51

702, zp35m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,90	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,20	0,60	1,00
	1,00	0,00	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25	1,00	1,00	0,75	0,17
	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00
	0,35	0,40	0,45	0,55	0,65	0,15	0,10	0,95	1,00	0,90	0,85	0,75	0,70	0,60	0,50
Pořadí	0,94	0,40	0,75	0,76	0,22	0,72	0,31	0,80	0,80	0,79	0,16	0,98	0,45	0,53	0,70
Fullerova	0,94	0,40	0,75	0,76	0,22	0,72	0,31	0,80	0,80	0,79	0,16	0,98	0,45	0,53	0,70
Geom. prům.	0,98	0,41	0,90	0,90	0,24	0,89	0,45	0,91	0,91	0,91	0,13	0,99	0,55	0,62	0,62
Saatyho	0,98	0,41	0,90	0,90	0,24	0,89	0,45	0,91	0,91	0,91	0,13	0,99	0,55	0,62	0,62

702, zp40m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,70	1,00	0,00
	1,00	1,00	0,58	0,92	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	0,25	1,00	1,00	0,42	0,00
	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
	0,35	0,40	0,45	0,55	0,65	0,15	0,10	0,95	1,00	0,90	0,85	0,75	0,70	0,60	0,50
Pořadí	0,94	0,34	0,62	0,73	0,22	0,72	0,31	0,80	0,80	0,72	0,16	0,98	0,65	0,59	0,05
Fullerova	0,94	0,34	0,62	0,73	0,22	0,72	0,31	0,80	0,80	0,72	0,16	0,98	0,65	0,59	0,05
Geom. prům.	0,98	0,45	0,71	0,86	0,24	0,89	0,45	0,91	0,91	0,80	0,13	0,99	0,77	0,64	0,01
Saatyho	0,98	0,45	0,71	0,86	0,24	0,89	0,45	0,91	0,91	0,80	0,13	0,99	0,77	0,64	0,01

702, zp45m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00
	1,00	1,00	0,17	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,25	1,00	1,00	0,00	0,00
	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
	0,35	0,40	0,45	0,55	0,65	0,15	0,10	0,95	1,00	0,90	0,85	0,75	0,70	0,60	0,50
Pořadí	0,94	0,34	0,10	0,61	0,22	0,72	0,31	0,80	0,80	0,59	0,16	0,98	0,77	0,46	0,05
Fullerova	0,94	0,34	0,10	0,61	0,22	0,72	0,31	0,80	0,80	0,59	0,16	0,98	0,77	0,46	0,05
Geom. prům.	0,98	0,45	0,09	0,68	0,24	0,89	0,45	0,91	0,91	0,62	0,13	0,99	0,91	0,46	0,01
Saatyho	0,98	0,45	0,09	0,68	0,24	0,89	0,45	0,91	0,91	0,62	0,13	0,99	0,91	0,46	0,01

702, zp50m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,40	0,00	1,00	0,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00
	1,00	1,00	0,00	0,08	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,25	1,00	1,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,35	0,40	0,45	0,55	0,65	0,15	0,10	0,95	1,00	0,90	0,85	0,75	0,70	0,60	0,50
Pořadí	0,74	0,50	0,05	0,48	0,22	0,72	0,51	0,80	0,80	0,49	0,16	0,78	0,77	0,06	0,05
Fullerova	0,74	0,50	0,05	0,48	0,22	0,72	0,51	0,80	0,80	0,49	0,16	0,78	0,77	0,06	0,05
Geom. prům.	0,90	0,63	0,01	0,50	0,24	0,89	0,67	0,91	0,91	0,47	0,13	0,91	0,91	0,02	0,01
Saatyho	0,90	0,63	0,01	0,50	0,24	0,89	0,67	0,91	0,91	0,47	0,13	0,91	0,91	0,02	0,01

702, zp55m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,90	0,00	0,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00
	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	0,25	1,00	1,00	1,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,35	0,40	0,45	0,55	0,65	0,15	0,10	0,95	1,00	0,90	0,85	0,75	0,70	0,60	0,50
Pořadí	0,74	0,70	0,05	0,06	0,42	0,72	0,71	0,80	0,70	0,39	0,16	0,78	0,77	0,36	0,05
Fullerova	0,74	0,70	0,05	0,06	0,42	0,72	0,71	0,80	0,70	0,39	0,16	0,78	0,77	0,36	0,05
Geom. prům.	0,90	0,85	0,01	0,02	0,46	0,89	0,89	0,91	0,77	0,47	0,13	0,91	0,91	0,46	0,01
Saatyho	0,90	0,85	0,01	0,02	0,46	0,89	0,89	0,91	0,77	0,47	0,13	0,91	0,91	0,46	0,01

702, zp60m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00
	1,00	0,67	0,00	1,00	0,25	1,00	1,00	1,00	0,25	1,00	0,25	0,83	0,67	1,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,35	0,40	0,45	0,55	0,65	0,15	0,10	0,95	1,00	0,90	0,85	0,75	0,70	0,60	0,50
Pořadí	0,74	0,64	0,05	0,36	0,54	0,72	0,71	0,80	0,58	0,39	0,16	0,73	0,67	0,36	0,05
Fullerova	0,74	0,64	0,05	0,36	0,54	0,72	0,71	0,80	0,58	0,39	0,16	0,73	0,67	0,36	0,05
Geom. prům.	0,90	0,75	0,01	0,46	0,57	0,89	0,89	0,91	0,58	0,47	0,13	0,83	0,76	0,46	0,01
Saatyho	0,90	0,75	0,01	0,46	0,57	0,89	0,89	0,91	0,58	0,47	0,13	0,83	0,76	0,46	0,01

876, zp0m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	1,00	0,20	1,00	0,50	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,09	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,82	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,15	0,10	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
Pořadí	0,80	0,12	0,59	0,39	0,08	0,72	0,09	0,77	0,27	0,76	0,06	0,35	0,05	0,29	0,04
Fullerova	0,80	0,12	0,59	0,39	0,08	0,72	0,09	0,77	0,27	0,76	0,06	0,35	0,05	0,29	0,04
Geom. prům.	0,91	0,07	0,69	0,47	0,02	0,89	0,09	0,91	0,24	0,90	0,02	0,46	0,01	0,37	0,01
Saatyho	0,91	0,07	0,69	0,47	0,02	0,89	0,09	0,91	0,24	0,90	0,02	0,46	0,01	0,37	0,01

876, zp5m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	0,00	0,40	1,00	0,70	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,09	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,27	1,00	1,00	0,82	0,45
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,15	0,10	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
Pořadí	0,80	0,12	0,79	0,39	0,24	0,72	0,29	0,77	0,07	0,76	0,14	0,35	0,35	0,29	0,17
Fullerova	0,80	0,12	0,79	0,39	0,24	0,72	0,29	0,77	0,07	0,76	0,14	0,35	0,35	0,29	0,17
Geom. prům.	0,91	0,07	0,91	0,47	0,20	0,89	0,31	0,91	0,02	0,90	0,14	0,46	0,46	0,37	0,21
Saatyho	0,91	0,07	0,91	0,47	0,20	0,89	0,31	0,91	0,02	0,90	0,14	0,46	0,46	0,37	0,21

876, zp10m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,20	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,09	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,27	1,00	1,00	0,82	0,45
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,15	0,10	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
Pořadí	0,80	0,12	0,79	0,39	0,08	0,72	0,01	0,77	0,45	0,76	0,14	0,35	0,35	0,29	0,17
Fullerova	0,80	0,12	0,79	0,39	0,08	0,72	0,01	0,77	0,45	0,76	0,14	0,35	0,35	0,29	0,17
Geom. prům.	0,91	0,07	0,91	0,47	0,02	0,89	0,00	0,91	0,55	0,90	0,14	0,46	0,46	0,37	0,21
Saatyho	0,91	0,07	0,91	0,47	0,02	0,89	0,00	0,91	0,55	0,90	0,14	0,46	0,46	0,37	0,21

876, zp15m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	0,50	0,00	1,00	0,00	1,00	0,70	1,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,10
	1,00	0,09	1,00	1,00	0,55	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,27	1,00	1,00	0,82	0,45
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,15	0,10	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
Pořadí	0,80	0,12	0,79	0,59	0,24	0,72	0,31	0,77	0,65	0,76	0,14	0,43	0,35	0,29	0,21
Fullerova	0,80	0,12	0,79	0,59	0,24	0,72	0,31	0,77	0,65	0,76	0,14	0,43	0,35	0,29	0,21
Geom. prům.	0,91	0,07	0,91	0,69	0,26	0,89	0,45	0,91	0,77	0,90	0,14	0,55	0,46	0,37	0,26
Saatyho	0,91	0,07	0,91	0,69	0,26	0,89	0,45	0,91	0,77	0,90	0,14	0,55	0,46	0,37	0,26

876, zp20m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,50	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,70	0,00	0,20	0,60
	1,00	0,09	1,00	1,00	0,55	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,27	1,00	1,00	0,82	0,45
	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00
	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,15	0,10	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
Pořadí	1,00	0,32	0,79	0,79	0,24	0,72	0,31	0,77	0,77	0,76	0,14	0,83	0,35	0,37	0,61
Fullerova	1,00	0,32	0,79	0,79	0,24	0,72	0,31	0,77	0,77	0,76	0,14	0,83	0,35	0,37	0,61
Geom. prům.	1,00	0,29	0,91	0,91	0,26	0,89	0,45	0,91	0,90	0,90	0,14	0,85	0,46	0,46	0,56
Saatyho	1,00	0,29	0,91	0,91	0,26	0,89	0,45	0,91	0,90	0,90	0,14	0,85	0,46	0,46	0,56

876, zp25m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,30	0,70	1,00
	1,00	0,00	1,00	1,00	0,55	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,27	1,00	1,00	0,82	0,09
	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00
	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,15	0,10	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
Pořadí	1,00	0,50	0,79	0,79	0,24	0,72	0,31	0,77	0,77	0,76	0,14	0,95	0,47	0,57	0,66
Fullerova	1,00	0,50	0,79	0,79	0,24	0,72	0,31	0,77	0,77	0,76	0,14	0,95	0,47	0,57	0,66
Geom. prům.	1,00	0,47	0,91	0,91	0,26	0,89	0,45	0,91	0,90	0,90	0,14	0,99	0,59	0,68	0,58
Saatyho	1,00	0,47	0,91	0,91	0,26	0,89	0,45	0,91	0,90	0,90	0,14	0,99	0,59	0,68	0,58

876, zp30m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,80	1,00	0,00
	1,00	1,00	0,55	0,91	0,55	1,00	1,00	1,00	1,00	0,73	0,27	1,00	1,00	0,36	0,00
	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,15	0,10	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
Pořadí	1,00	0,40	0,65	0,76	0,24	0,72	0,31	0,77	0,77	0,68	0,14	0,95	0,67	0,55	0,04
Fullerova	1,00	0,40	0,65	0,76	0,24	0,72	0,31	0,77	0,77	0,68	0,14	0,95	0,67	0,55	0,04
Geom. prům.	1,00	0,47	0,71	0,87	0,26	0,89	0,45	0,91	0,90	0,78	0,14	0,99	0,81	0,62	0,01
Saatyho	1,00	0,47	0,71	0,87	0,26	0,89	0,45	0,91	0,90	0,78	0,14	0,99	0,81	0,62	0,01

876, zp35m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,10	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00
	1,00	1,00	0,09	0,45	0,55	1,00	1,00	1,00	1,00	0,27	0,27	1,00	1,00	0,00	0,00
	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,15	0,10	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
Pořadí	1,00	0,40	0,12	0,62	0,24	0,72	0,35	0,77	0,77	0,54	0,14	0,95	0,75	0,44	0,04
Fullerova	1,00	0,40	0,12	0,62	0,24	0,72	0,35	0,77	0,77	0,54	0,14	0,95	0,75	0,44	0,04
Geom. prům.	1,00	0,47	0,07	0,67	0,26	0,89	0,49	0,91	0,90	0,58	0,14	0,99	0,90	0,45	0,01
Saatyho	1,00	0,47	0,07	0,67	0,26	0,89	0,49	0,91	0,90	0,58	0,14	0,99	0,90	0,45	0,01

876, zp40m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,50	0,00	1,00	0,10	1,00	0,60	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00
	1,00	1,00	0,00	0,00	0,55	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,27	1,00	1,00	1,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,15	0,10	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
Pořadí	0,80	0,60	0,09	0,49	0,28	0,72	0,55	0,77	0,77	0,46	0,14	0,75	0,75	0,34	0,04
Fullerova	0,80	0,60	0,09	0,49	0,28	0,72	0,55	0,77	0,77	0,46	0,14	0,75	0,75	0,34	0,04
Geom. prům.	0,91	0,69	0,03	0,47	0,31	0,89	0,71	0,91	0,90	0,46	0,14	0,90	0,90	0,45	0,01
Saatyho	0,91	0,69	0,03	0,47	0,31	0,89	0,71	0,91	0,90	0,46	0,14	0,90	0,90	0,45	0,01

876, zp45m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	1,00	0,00	0,00	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00
	1,00	1,00	0,00	0,00	0,55	1,00	1,00	1,00	0,64	1,00	0,27	1,00	1,00	1,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,15	0,10	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
Pořadí	0,80	0,80	0,09	0,09	0,48	0,72	0,71	0,77	0,66	0,36	0,14	0,75	0,75	0,34	0,04
Fullerova	0,80	0,80	0,09	0,09	0,48	0,72	0,71	0,77	0,66	0,36	0,14	0,75	0,75	0,34	0,04
Geom. prům.	0,91	0,91	0,03	0,02	0,53	0,89	0,89	0,91	0,74	0,46	0,14	0,90	0,90	0,45	0,01
Saatyho	0,91	0,91	0,03	0,02	0,53	0,89	0,89	0,91	0,74	0,46	0,14	0,90	0,90	0,45	0,01

876, zp50m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00
	1,00	0,64	0,00	1,00	0,18	1,00	1,00	1,00	0,18	1,00	0,27	0,82	0,64	1,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,15	0,10	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
Pořadí	0,80	0,69	0,09	0,39	0,53	0,72	0,71	0,77	0,52	0,36	0,14	0,70	0,64	0,34	0,04
Fullerova	0,80	0,69	0,09	0,39	0,53	0,72	0,71	0,77	0,52	0,36	0,14	0,70	0,64	0,34	0,04
Geom. prům.	0,91	0,75	0,03	0,47	0,55	0,89	0,89	0,91	0,54	0,46	0,14	0,82	0,74	0,45	0,01
Saatyho	0,91	0,75	0,03	0,47	0,55	0,89	0,89	0,91	0,54	0,46	0,14	0,82	0,74	0,45	0,01

876, zp55m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00
	1,00	0,18	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,27	0,36	0,18	1,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,15	0,10	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
Pořadí	0,80	0,55	0,09	0,39	0,08	0,72	0,71	0,77	0,07	0,36	0,14	0,56	0,50	0,34	0,04
Fullerova	0,80	0,55	0,09	0,39	0,08	0,72	0,71	0,77	0,07	0,36	0,14	0,56	0,50	0,34	0,04
Geom. prům.	0,91	0,55	0,03	0,47	0,02	0,89	0,89	0,91	0,02	0,46	0,14	0,62	0,54	0,45	0,01
Saatyho	0,91	0,55	0,03	0,47	0,02	0,89	0,89	0,91	0,02	0,46	0,14	0,62	0,54	0,45	0,01

876, zp60m	k9	k7	k1	k2	k8	k12	k14	k16	k20	k22	k24	k26	k28	k30	k32
	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,27	0,00	0,00	1,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,15	0,10	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
Pořadí	0,80	0,10	0,29	0,39	0,38	0,72	0,71	0,77	0,37	0,36	0,14	0,45	0,05	0,34	0,04
Fullerova	0,80	0,10	0,29	0,39	0,38	0,72	0,71	0,77	0,37	0,36	0,14	0,45	0,05	0,34	0,04
Geom. prům.	0,91	0,03	0,25	0,47	0,47	0,89	0,89	0,91	0,46	0,46	0,14	0,46	0,01	0,45	0,01
Saatyho	0,91	0,03	0,25	0,47	0,47	0,89	0,89	0,91	0,46	0,46	0,14	0,46	0,01	0,45	0,01