SDIPR Analýza problému

2. iterácia

3. února 2016

1 Entity

vyučujúci (ozn. $v \in V$**)** ▷ doba dostupnosti,
▷ horná a dolná hranica počtu komisií, v ktorých môže zasadať,
▷ príznak `chairman` s hodnotami `YES` (musí byť predsedom komisie), `NO` (nesmie byť predsedom komisie) a `DEFAULT` (východzia hodnota - rozhodne riešič),
▷ preferencia bakalárskych alebo magisterských štátnic $\phi : V \to \{-3, \ldots, 3\}$, -3 znamená *len bakalárske*, 3 *len magisterské*, ostatné hodnoty úroveň preferencie medzi skúškami),

komisia (ozn. $k \in K$**)** ▷ skladá sa z *komisárov*, tj. 1 predseda a 2-3 bežní členovia,
▷ označme $z : K \to \{-1, 1\}$ funkciu komisií tak, že pre komisiu na bakalárskych štátniciach platí $z(k) = -1$ a pre komisiu na magisterských štátniciach platí $z(k) = 1$,

študent (ozn. $s \in S$**)** ▷ odbor,
▷ príznak `repetent`, či skladá celú skúšku (nemá príznak) alebo len jednu časť (má príznak) – obhajobu (má zadanú prácu) alebo ústnu skúšku (nemá zadanú prácu),
▷ môže mať zadanú dobu dostupnosti (ale musí byť dostupný počas skúšok aspoň v čase jednej skúšky),
▷ ak obhajuje prácu, má priradeného vedúceho a aspoň jedného oponenta,
▷ príznak `last` pre študentov, ktorí musia byť rozvrhnutí bezprostredne pred obedňajšou prestávkou alebo koncom zasadania komisie,

odbor (ozn. $o \in O$**)** ▷ množina študentov,
▷ príznak `inv_rep` ak repetenti odboru sa majú rozvrhovať na začiatku zasadania komisie,
▷ príznak `special` pre medziodborové skúšanie (hodnoty: `NO` – *nie*, `SPLIT` – *áno s delením komisie*, `EXTEND` – *áno so 4. členom komisie*)
▷ špeciálne *pseudoodbory* pre bakalárske skúšky: *teória*, *prax* (ozn. $\Gamma = \{T, P\}$),

preferencia ▷ funkcia $\tau(v, \Gamma, o) \to \{0 \ldots 6\}$ ($v \in V$, $o \in O$), ktorá určuje vhodnosť skúšať odbor
▷ hodnota 0 znamená *nevhodný*, hodnota 6 znamená *vhodný*,
▷ rozdelenie podľa teórie a praxe má zmysel len u bakalárskych skúšok; preto u magisterských druhý argument môžeme vynechať,
▷ pokiaľ nie je explicitne zadné inak, vyučujúci má preferenciu teórie rovnakú na všetkých odboroch; rovnako pre prax

množiny zakázaných skupín vyučujúcich ▷ množiny vyučujúcich, ktorí by nemali spolu zasadať v komisii,

medziodborový skúšajúci ▷ (niekedy *odborový špecialista*) je vyučujúci v, pre ktorého platí
$\{\tau(v, \gamma, o) \mid \gamma \in \Gamma, o \in \{\text{odbory } \texttt{special} = \texttt{NO}\}\} = \{0\}$,
(tj. nemôže skúšať *bežné* odbory; aby mohol byť komisárom, musí skúšať aspoň jeden odbor s príznakom `SPLIT` alebo `EXTEND`)
▷ medziodborový skúšajúci pre odbor s príznakom `SPLIT` alebo `EXTEND` môže spôsobiť rozdelenie komisie alebo sa môže ku komisii pripojiť,
▷ k rozdeleniu komisie môže dôjsť aj tesne pred obedňajšou prestávkou; v takom prípade komisia znova zasadne až po prestávke,

> **Pozn.** Preferencie môžu byť vo vstupnom súbore zadané inak, pri predspracovaní dát sa vždy prepočítajú do uvedených intervalov. Rovnako väčšina hodnôt môže byť pre entity zadaná na jednom mieste (*defaults*), pričom u niektorých entít sa tieto hodnoty môžu redefinovať.

2 Všeobecná organizácia

GO1 Bakalárske a magisterské štátne skúšky sa rozvrhujú oddelene, ale rozvrh bakalárskych skúšok môže vytvoriť dodatočné obmedzenia na rozvrhovanie magisterských skúšok.

2.1 Pevné obmedzenia

Zloženie komisie Nech $k \in K$ je komisia, označme množiny:

- $P_0(k) = \{v \in k \mid v$ má príznak `chairman = YES`$\}$,
- $P_1(k) = \{v \in k \mid v$ je profesor a má príznak `chairman = DEFAULT`$\}$,
- $P_2(k) = \{v \in k \mid v$ je docent a má príznak `chairman = DEFAULT`$\}$,
- $P_3(k) = k \setminus (P_0 \cup P_1 \cup P_2)$,

GH1 Pre každú komisiu $k \in K$ platí $|P_0(k)| \leq 1$, teda v komisii smie byť nanajvýš jeden vyučujúci s príznakom `chairman = YES`,

GH2 Predsedom komisie k môžu byť len vyučujúci $v \in P_i(k)$ vtedy, ak $i \neq 3$ a zároveň $P_0 \cup \cdots \cup P_{i-1} = \varnothing$, tj. toto pravidlo zavádza prioritu hodnôt `chairman` a titulov.

GH3 V komisii nesmú zasadať vyučujúci, ktorí sú prvkami spoločnej množiny zakázaných skupín.

GH4 Člen komisie, ktorý nie je medziodborový skúšajúci, nesmie komisiu opustiť pred skončením skúšania.

GH5 Komisia skúšajúca odbor s príznakom `special` rovným hodnote `EXTEND` musí splniť tieto podmienky:

- obsahuje práve jedného medziodborového skúšajúceho,
- môže sa rozdeliť nanajvýš dvakrát (príchod a odchod mezdiodborového skúšajúceho)

GH6 Komisia skúšajúca odbor s príznakom `special` rovným hodnote `SPLIT` musí splniť všetky podmienky:

- obsahuje práve jedného medziodborového skúšajúceho,
- môže sa rozdeliť nanajvýš raz

GH7 Ak dôjde k rozdeleniu komisie, potom rozdiel medzi oboma komisiami je práve medziodborový skúšajúci (a prípadne vyučujúci, s ktorým sa mení).

Časové obmedzenia

GH8 V každom čase, v ktorom komisia zasadá, môže skúšať nanajvýš jedného študenta.

GH9 Žiadny vyučujúci sa nemôže v rovnakom čase zúčastniť viac než jednej skúšky.

GH10 Repetenti sú rozvrhovaní až po študentoch, ktorí skladajú celú skúšku; ak má odbor príznak `inv_rep`, musia byť **všetci** študenti tohto odboru rozvrhnutí pred ostatných študentov.

GH11 Každá komisia má hodinovú obedňajšiu prestávku, počas ktorej neskúša žiadnych študentov; komisia rozdelená pred prestávkou zasadne až po prestávke.

GH12 Komisia môže mať obedňajšiu prestávku len v povolenom čase (daným v konfigurácii).

GH13 Dĺžka zasadania komisie nesmie presiahnuť stanovenú dĺžku (nastaví sa v konfigurácii).

GH14 Ak sú vedúci a oponent ľubovoľnej práce počas skúšok dostupní aspoň jeden deň a prienik ich dostupnosti nie je prázdny, potom sa obhajoba tejto práce musí uskutočniť v čase, v ktorom sú obaja dostupní, v opačnom prípade sa preferuje dostupnosť vedúceho práce.

GH15 Medziodborový skúšajúci môže mať v komisii nanajvýš jeden blok (definícia bloku viď. **GS1** nižšie).

Organizácia skúšok

GH16 Každý študent sa zúčastní práve jednej skúšky v čase, kedy je dostupný.

GH17 Nech $|K_i|$ značí počet komisií rozvrhnutých na deň i a $m = \min_i |K_i|$. Potom musí platiť

- pre všetky i platí $0 \leq |K_i| - m \leq 1$,
- pre každé $a \leq i \leq b$ také, že $|K_a| = |K_b| = m + 1$ platí $|K_i| = m + 1$.

Pozn. prvá časť povoľuje počet komisií cez deň len $\{m, m+1\}$, druhá časť povoľuje napr. `[4 5 5 4]`, `[5 5 4 4]`, `[4 4 5 5]` ale už nie `[4 5 4 5]` ani `[5 4 4 5]`

GH18 Počet komisií, v ktorých vyučujúci zasadá, musí byť v jeho povolenom rozsahu.

GH19 Ak preferencia typu skúšok vyučujúceho $\phi(v) \in \{-3, 3\}$, potom $\phi(v) \cdot z(k) > 0$ pre každú komisiu k, v ktorej vyučujúci zasadá (tj. zasadá len v jednom druhu komisie podľa preferencie).

2.2 Mäkké obmedzenia

Poznámka V nasledujúcich sekciách použijeme skratku "*vážený súčet výrazov* $e_1 \dots e_n$"; čím myslíme výraz $\sum_{i=1}^{n} w_i e_i$ tak, že váhy $w_1 \dots w_n$ sú pre konkrétne obmedzenie dané ako parameter modelu.

GS1 Pre každého vyučujúceho minimalizujeme počet blokov, ku ktorým sa musí dostaviť. Uvažujeme len vyučujúcich, ktorí budú počas skúšok dostupní. Nech $p(v,t)$ je počet skúšok, ktorých sa vyučujúci v zúčastní v čase t (ako člen komisie, vedúci alebo oponent) vrátane obhajob repetentov. Potom **blok** je interval T taký, že $(\forall t \in T)(p(v,t) > 0)$ a zároveň $(\forall U \supset T)(\exists t \in U)(p(v,t) = 0)$. Ak je vyučujúci v komisárom a t_o je obedňajšia prestávka, potom nech $(\forall t \in t_o)(p(v,t) = 1)$.

GS2 V komisii chceme povoliť nanajvýš jedného profesora. Nech $prof_k$ je počet profesorov v komisii, potom k cene riešenia pripočítame $c_p(prof_k) = w_p \cdot \max\{0, prof_k - 1\}$, kde w_p je penalizácia za viacerých profesorov v komisii. ($c_p(0) = 0$, $c_p(1) = 0$, $c_p(2) = w_p$ atď.).

GS3 Minimalizujeme počet študentov, ktorí nemajú v komisii svojho oponenta alebo vedúceho práce. Nech $X_v, X_o \subseteq S \times V$ množiny dvojíc (študent, vedúci) resp. (študent, oponent). $(s,o) \in X_v$ práve vtedy, ak je vyučujúci v vedúcim práce študenta s a existuje čas, kedy je vyučujúci počas skúšok dostupný, ale v riešení sa v nemôže zúčastniť obhajoby študenta (analogicky definujeme X_o pre oponentov). Nech $w_v, w_o \in \mathbb{R}, w_v > w_o$ sú penalizácie za chýbajúceho vedúceho alebo oponenta. Potom minimalizujeme hodnotu výrazu

$$\xi = w_v|X_v| + w_o|X_o|$$

Pozn. Použijeme dvojice, pretože študent môže mať viac než jedného oponenta. $w_v > w_o$ pretože ak študent nemôže mať vedúceho a oponenta naraz, preferujeme vedúceho. V súčte potom zarátavame všetkých chýbajúcich vyučujúcich priradených k obhajobe, teda ak má študent vedúceho a dvoch oponentov, ale riešenie neumožní, aby sa zúčastnili obhajoby, potom sa riešenie penalizuje hodnotou $w_v + 2w_o$

GS4 Každého vyučujúceho sa snažíme zaradiť na Bc. alebo Mgr. štátnice podľa preferencie. Označme pre komisiu k výraz

$$C(k) = \sum_{v \in k} \phi(v) \cdot z(k)$$

a maximalizujeme vážený súčet týchto výrazov:

$$\min_{k \in K} \{C(k)\} \qquad \sum_{k \in K} \{C(k)\}$$

kde $\phi(v)$ je preferencia vyučujúceho zasadať v bakalárskych alebo magisterských komisiách.

GS5 Ak má vyučujúci preferenciu typu skúšok rovnú 0, snažíme sa ho využiť rovnomerne na Bc. aj Mgr. štátnice. Ak preferencia typu skúšok vyučujúceho $\phi(v) = 0$ a platí $x = |c_b(v) - c_m(v)| > 2$ (počty bakalárskych a magisterských skúšok, ktorých sa vyučujúci v zúčastní), potom riešenie penalizujeme hodnotou wx (w je potenciálne vysoká hodnota, aby k tomuto nedochádzalo často).

Pozn. Pri rozvrhovaní bakalárskych skúšok nemusí byť (a najskôr ani nebude) $c_m(v)$ známe, ale môžeme predpokladať, že sa táto hodnota dá odhadnúť.

GS6 Dĺžka skúšania všetkých komisií v jednom dni by mala byť približne rovnaká. Nech K_d je množina komisií, ktoré zasadajú počas dňa d a nech $l(k)$ je dĺžka zasadania komisie k. Potom minimalizujeme výraz

$$\max_{k \in K_d} \{l(k)\} - \min_{k \in K_d} \{l(k)\}$$

3 Bakalárske štátne skúšky

→ Bežných členov komisie označíme ako *predseda*, *teoretický*, *praktický* a prípadne *(medzi)odborový* skúšajúci.

→ Pre každého študenta uvažujeme jeho odbor o rozdelený na *teóriu* a *prax*,

→ V tejto časti pre preferenciu platí (typicky) $\tau(v, f, o) \in \{0, 3, 6\}$ ($f \in \{T, P\}$)

3.1 Pevné obmedzenia

BH1 Je zakázané priradiť dve obhajoby s rovnakým vedúcim alebo oponentom do dvoch rôznych komisií, ak by sa obhajoby mali konať bezprostredne po sebe.

BH2 V komisii musia existovať aspoň dvaja *rôzni* rôzni bežní členovia komisie s preferenciou 6 pre teóriu a prax odboru skúšaného študenta,

BH3 Trvanie štandardnej skúšky je 30 minút, trvanie skúšky repetenta je 20 minút.

Pozn. Pri vytváraní rozvrhu pre medziodborové skúšanie sa budú brať do úvahy medziodboroví skúšajúci (majú preferenciu 6 pre teóriu a/alebo prax), okrem toho tam musí existovať iný skúšajúci pre zvyšný pseudoodbor. Riešič potom musí zaručiť, že zvyšní skúšajúci budú môcť skúšať študentov priradených potom, čo z komisie odíde medziodborový skúšajúci.

3.2 Mäkké obmedzenia

BS1 **Každá komisia by mala mať čo najlepšiu preferenciu vzhľadom na teóriu a prax.** Nech $p \in \Gamma$ je ľubovoľný pseudoodbor a nech $\tau(v, p, o)$ je preferencia vyučujúceho v skúšať $o \in O$. Označme výraz

$$D(k) = \sum_{v \in k} \sum_{s \rhd k} \tau(v, p, o(s))$$

a maximalizujeme vážený súčet týchto výrazov

$$\min_{k \in K} \{D(k)\} \qquad \sum_{k \in K} \{D(k)\}$$

Prvý výraz sa snaží vylepšovať najhoršiu komisiu, druhý výraz vylepšuje celkový výsledok ak už sa najhoršia komisia nedá vylepšiť.

4 Magisterské štátne skúšky

→ Pre každý odbor a vyučujúceho zavedieme preferenciu s hodnotami $\{0, \ldots, 6\}$.

→ Predpokladáme, že $\tau(v, T, o) = \tau(v, P, o) = \tau(v, o)$ pre všetkých komisárov magisterských skúšok.

4.1 Pevné obmedzenia

MH1 Študent nesmie byť priradený ku komisii, kde aspoň jeden člen má preferenciu odboru študenta rovnú 0.

MH2 Ak pre odbor existuje aspoň jeden vyučujúci s preferenciu 6, potom každý študent tohto odboru musí byť skúšaný komisiou, kde aspoň jeden člen má preferenciu 6.

MH3 V komisii musia byť pre každého študenta aspoň dvaja vyučujúci s preferenciou aspoň 3.

MH4 Trvanie štandardnej skúšky je 60 minút, trvanie skúšky repetenta je 30 minút.

4.2 Mäkké obmedzenia

MS1 **Chceme, aby študenta skúšala komisia s čo najlepšou preferenciou skúšať jeho odbor.** Nech $o(s)$ je odbor študenta, $\tau(v, o)$ je preferencia vyučujúceho v k odboru o a $w(i)$ je váhová funkcia $\mathbb{N} \to \mathbb{R}$ opísaná nižšie. Nech $v_1, v_2, \ldots$ sú vyučujúci v komisii k zoradení *vzostupne* podľa $\tau(v_i, o)$. Definujeme **vhodnosť komisie k skúšať odbor o** takto:

$$\rho(k, o) = \sum_{i=1}^{|k|} w(i) \tau(v_i, o)$$

Maximalizujeme vážený súčet výrazov

$$\min_{k\in K}\left\{\sum_{s\rhd k}\rho(k,o(s))\right\} \qquad\qquad \sum_{k\in K}\left\{\sum_{s\rhd k}\rho(k,o(s))\right\}$$

kde $s \rhd k$ znamená, že študent s je skúšaný komisiou k. **Alternatívne** môžeme ohraničiť $\tau(k,o(s))$ zdola pevným obmedzením pre všetky dvojice (s,k) kde komisia k skúša študenta s.

MS2 *Duálne k **MS1** z pohľadu študentov*, minimalizujeme súčet výrazov

$$\min_{s\in S:s\rhd k}\{\rho(k,o(s))\} \qquad\qquad \sum_{s\in S:s\rhd k}\{\rho(k,o(s))\}$$

Možné váhové funkcie:

$w(i) = 1$ — súčet preferencie členov

$w(i) = \frac{1}{i}$ — vážený súčet, zjemní veľké rozdiely preferencií

(váha najhoršieho člena ostane rovnaká, druhému sa zaráta polovica, tretiemu tretina)

$w(i) = \begin{cases} 1 & i = n \\ 0 & i > n \end{cases}$ — preferencia n-tého *najhoršieho* člena komisie

Pozn. ak **MS1** nebude fungovať, môžeme pridať nasledujúce *semi-hard* obmedzenia. V nich použijeme parameter Θ, ktorý je daný konfiguráciou, typicky $\Theta \in \{3,4\}$.

MX1 **Každý člen komisie by mal byť schopný vyskúšať aspoň dve tretiny študentov.** Pre vyučujúcich v v komisii k definujeme $\sigma(v,k) = \{s\rhd k \mid \tau(v,o(s)) \geq \Theta\}$ (študenti priradení ku komisii, ktorých vyučujúci môže skúšať) a $n(k) = \{s \rhd k\}$ (všetci študenti priradení ku komisii).
Ak pre niektorého vyučujúceho $v \in k$ platí

$$x = \frac{|\sigma(v,k)|}{|n(k)|} < \frac{2}{3}$$

potom riešenie penalizujeme hodnotou $w\frac{1}{x}$, kde w je váha (s potenciálne vysokou hodnotou, aby sa minimalizovali komisie, kde niektorý člen má často nízku preferenciu skúšaného odboru).

MX2 **Funkcia podobná MS1 pre vyučujúcich na maximalizáciu počtu študentov, ktorých môže vyučujúci vyskúšať** Označme pre vyučujúceho v výraz určujúci počet vretkých študentov, ktorých môže vyskúšať v komisiách, kde zasadá

$$T(v) = \sum_{k\in K:v\in k} |\{s \rhd k \mid \tau(v,o(s)) \geq \Theta\}|$$

a minimalizujeme vážený súčet nasledujúcich výrazov pre vyučujúcich $V' \subseteq V$ takých, ktorí zasadajú aspoň v jednej komisii ($V' = \{v \in V \mid \exists k \in K : v \in k\}$)

$$\min_{v\in V'}\{T(v)\} \qquad\qquad \sum_{v\in V'}\{T(v)\}$$

5 Poznámky

- rozvrhovač môže dostať na vstupe čiastočný rozvrh, v takom prípade je potrebné skontrolovať, že neporušuje pevné obmedzenia. *Niektoré* mäkké obmedzenia nebudú pevne zadané časti rozvrhu brať do úvahy.

6 Relácia susednosti

Dve čiastočné riešenia a, b sú susedia, ak b vzniklo z a *práve jednou* úpravou:

1. pridaním jednej prázdnej komisie,
2. odobraním komisie (vyučujúci a študenti rozvrhnutí do komisie sa uvoľnia),
3. pridaním alebo odobraním jedného vyučujúceho z jednej komisie,
4. výmenou jedného vyučujúceho medzi dvomi komisiami,
5. výmenou predsedu jednej komisie za iného vyučujúceho,
6. priradením študenta ku komisii a času, ak v riešení a nebol priradený k žiadnej,
7. výmenou dvoch študentov medzi dvoma komisiami a časmi,
8. výmenou dvoch študentov v rámci jednej komisie a dvoch rôznych časov,
9. rozdelením jednej celej komisie na dve tak, že nové komisie nasledujú tesne po sebe alebo je medzi nimi obedová prestávka, členom pôvodnej komisie musí byť medziodborový skúšajúci pre odbor s príznakom `SPLIT`,
10. spojením dvoch komisií, ktoré vznikli rozdelením podľa vyššie uvedeného pravidla; v novej komisii budú len členovia tej z dvoch komisií, v ktorej zasadá medziodborový skúšajúci,
11. preusporiadaním rozvrhnutých študentov v rámci jednej komisie tak, aby sa odstránili časy, v ktorých nie sú priradení žiadni študenti (okrem obedňajšej prestávky)

Pozn. Predposledný bod má ošetriť prípad, že sa komisia rozdelí, medziodborový skúšajúci odíde a nahradí ho iný. Pri spojení by sme dostali komisiu s jedným členom navyše, toho teda vyhodíme aby nedošlo k porušeniu obmedzení na počet členov komisie.