1 Základné informácie

<table>
<tr><td>Autor(i)</td><td>Recenzent(i)</td><td>Verzia</td></tr>
<tr><td>Ľubomír Šnajder</td><td>Stanislav Krajči, Ján Guniš, Ľubomír Antoni, Jana Plichtová</td><td>2015_10_06</td></tr>
<tr><td colspan="2">Téma</td><td>Cieľová skupina</td></tr>
<tr><td colspan="2">Odhaľujeme princípy fungovania čiernych skriniek</td><td>1. ročník gymnázia</td></tr>
<tr><td colspan="2">Vstupné vedomosti a spôsobilosti</td><td>Trvanie</td></tr>
<tr><td colspan="2">▪ Formálne vyjadriť (lineárnu) funkciu pomocou predpisu</td><td>45 minút</td></tr>
<tr><td colspan="2">Kognitívne ciele</td><td>Afektívne ciele</td></tr>
<tr><td colspan="2">▪ Objaviť funkčné závislosti medzi skupinami dvojíc vstupov a výstupov rôznych údajových typov (čísla, texty, logické hodnoty, obrázky) vo vzťahu ku kódovaniu a šifrovaniu údajov.
▪ Vysvetliť čiernu skrinku ako model funkcie či programu, ktorý na základe zadaných vstupov vypočíta výstupy.
▪ Kriticky si uvedomovať skutočnosť, že experimentovaním môžeme dospieť len k hypotéze o princípe fungovania čiernej skrinky, presný princíp fungovania čiernej skrinky zistíme až jej odhalením.
▪ Pomenovať čierne skrinky kreatívne a čo najvýstižnejšie, aby ich meno zodpovedalo princípu ich fungovania.</td><td>▪ Akceptovať alternatívne riešenie, resp. názor (viaceré riešenia úloh).
▪ Zlepšiť postoj k informatike vďaka herným aktivitám.</td></tr>
<tr><td>Spôsobilosti vedeckej práce</td><td colspan="2">Didaktický problém</td></tr>
<tr><td>▪ Pozorovať, usudzovať a vytvárať predpoklady o princípoch fungovania čiernych skriniek na základe záznamov ich správania.
▪ Skúmať vzťahy medzi premennými – vstupmi a výstupmi čiernej skrinky, vytvárať a overovať hypotézy na základe experimentovania s interaktívnymi čiernymi skrinkami.
▪ Vytvárať závery o princípoch fungovania vybraných čiernych skriniek.</td><td colspan="2">▪ Pri usudzovaní a tvorbe záverov žiaci zvyknú nekriticky zovšeobecniť poznatky z čiastočne pozorovaných/nameraných údajov. Pri riešení problémov nemajú patričné skúsenosti, ani nepoznajú užitočné prístupy, ako napr. metódu čiernej skrinky.
▪ Nácvik metódy čiernej skrinky ako systematického prístupu riešenia problémov pomôže žiakom pochopiť koncepty údajový typ, funkcia programu, kódy, šifry, ale tiež ju použiť, napr. pri odhaľovaní štruktúry číselného údajového typu s pohyblivou rádovou čiarkou.</td></tr>
<tr><td>Didaktické prostriedky</td><td colspan="2">Vyučovacie metódy a organizačné formy</td></tr>
<tr><td>▪ Pracovný list pre odhaľovanie 19 čiernych skriniek na základe záznamov ich správania.
▪ Pracovný list pre hru Biliardové tajomstvo.
▪ Pracovné listy pre experimentálne odhaľovanie skupín 12 a 5 interaktívnych čiernych skriniek.
▪ Applety s interaktívnymi čiernymi skrinkami http://scratch.mit.edu/projects/17048661/, http://di.ics.upjs.sk/vyucba/pomocne_materialy/cierna_skrinka/ .</td><td colspan="2">▪ Pozorovanie, experimentovanie, rozhovor, diskusia.
▪ Individuálna a skupinová forma práce.</td></tr>
</table>

2 Príprava na výučbu

Pracovné listy a applety

Pre rôzne varianty výučby odhaľovania princípov fungovania čiernych skriniek sú pre žiakov pripravené štyri tlačené pracovné listy (uvedené v prílohe metodiky) pre:

1. odhaľovanie 19 čiernych skriniek na základe záznamov ich správania,
2. hru *Biliardové tajomstvo*,
3. experimentálne odhaľovanie 12 číselných čiernych skriniek,
4. experimentálne odhaľovanie 5 čiernych skriniek,

a tiež dva interaktívne applety so skupinou 12 číselných čiernych skriniek[1] a skupinou 5 čiernych skriniek[2].

Na 1. pracovnom liste majú žiaci odhaľovať 19 predpisov: $f_1(x) = x$, $f_2(x) = x + 1$, $f_3(x) = 10 - x$, $f_4(x) = 6x$, $f_5(x) = 3x + 1$, $f_6(x) = 20 - 5x$, $f_7(x) = 1$, $f_8(x) = x \bmod 3$, $f_9(x, y) = x + y$, $f_{10}(x, y) = xy$, $f_{11}(x) =$ binárnyZápis(x), $f_{12}(x, y) =$ binárneSčítanie(x,y), $f_{13}(x) =$ dĺžka(x), $f_{14}(x) =$ jePalindrom?(x), $f_{15}(x) =$ početVrcholovGrafu(x), $f_{16}(x) =$ početHránGrafu(x), $f_{17}(x) =$ otočenie(x), $f_{18}(x) =$ posunZnakov(x), $f_{19}(x) =$ prehodenieSpoluhlásokOdzadu(x).

Na 2. pracovnom liste je uvedený princíp hry, ukážka jedného riešenia tejto hry a viaceré hracie plány pre dvojice hráčov na odhaľovanie štruktúry krabice s prekážkami.

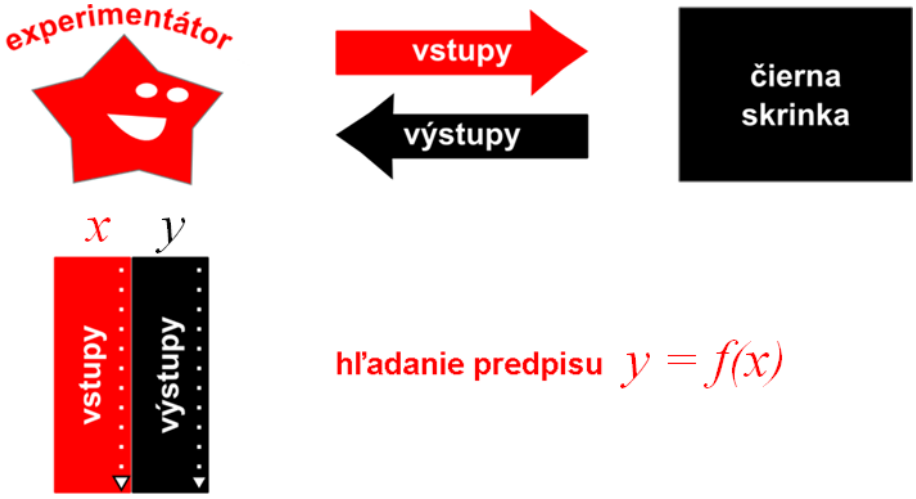
Na 3. pracovnom liste je tabuľka na zaznamenanie výsledkov skúmania 12 číselných čiernych skriniek s predpismi: $f_1(x) = 5 - x$, $f_2(x) = x$, $f_3(x) =$ početCifier(x), $f_4(x) = 27 - 4x$, f_5(x) = jeNepárne?(x), $f_6(x) = x^2$, $f_7(x) = 31$, $f_8(x) =$ súRovnakéPosledné2Cifry?(x), $f_9(x) = 10$ celáDolnáČasť$(x / 10)$, $f_{10}(x) =$ ciferný$Súčet$Trojciferného$Čísla(x)$, $f_{11}(x) = (x \bmod 3) + 1$, $f_{12}(x) = 50 - \text{abs}(x - 50)$.

Na 4. pracovnom liste je tabuľka na zaznamenanie výsledkov skúmania 5 čiernych skriniek s predpismi: $f_1(x)$=dĺžkaReťazca(x), $f_2(x, y) =$ reťazecBezPodreťazca(x, y), $f_3(x) =$ posunZnakovO3(x), $f_4(x, y) =$ rotovanýReťazec(x, y), $f_5(a, b, c, x_1, x_2) =$ jeRiešenieRovnice?(a, b, c, x_1, x_2).

[1] Applet s 12 číselnými čiernymi skrinkami: http://scratch.mit.edu/projects/17048661/
[2] Applet s 5 čiernymi skrinkami: http://di.ics.upjs.sk/vyucba/pomocne_materialy/cierna_skrinka/

Teoretické východiská – Metóda čiernej skrinky pri učení sa objavovaním

Čiernou skrinkou označujeme systém (objekt, proces, jav) s neznámym princípom fungovania/štruktúrou, ktorý skúmame a odhaľujeme na základe našich podnetov na vstupy neznámeho systému a reakcií registrovaných na jeho výstupe. Metódu čiernej skrinky ako interakciu pozorovateľa s čiernou skrinku s postupným spresňovaním hypotézy o princípe jej fungovania zachytáva schéma na obrázku 1.



Obr. 1 Schéma metódy čiernej skrinky pri odhaľovaní princípu fungovania neznámeho systému.

Čierne skrinky ako metódu skúmania a odhaľovania správania sa neznámych systémov môžeme využiť vo vyučovaní informatiky, matematiky a ďalších predmetov, konkrétne:

- na rozvoj spôsobilostí vedeckej práce (napr. pozorovania, usudzovania, tvorby a overovania hypotéz, vytvárania záverov, argumentovania), na rozvoj stratégií riešenia problémov (napr. hľadania opakujúceho sa vzoru), na rozvoj kritického myslenia a kreativity,
- na skúmanie lineárnych funkcií, na propedeutiku teórie grafov, na skúmanie a navrhovanie kódovania medzi rôznymi typmi dát, binárneho prevodu čísel, šifrovania dát, na testovanie vytvorených programov.

Odhaľovanie čiernych skriniek je pomerne flexibilnou aktivitou, ktorá sa dá použiť vo formálnom aj neformálnom vzdelávaní, u žiakov od základnej po vysokú školu s časovou náročnosťou od 5 minút až po celú vyučovaciu hodinu.

3 Priebeh výučby

Čierne skrinky môžu byť predložené žiakom rôznymi spôsobmi, od čoho sa odvíjajú uvedené varianty priebehu výučby:

- tabuľkou s dvojicami hodnôt vstupov a výstupov, ktoré sú záznamom interakcie človeka s čiernou skrinkou (variant A),
- hernou aktivitou – dialógom žiaka s čiernou skrinkou, ktorú zastupuje iný žiak, resp. učiteľ (variant B),
- interaktívnym appletom reagujúcim na podnety žiaka (variant C).

Variant A

Hlavnými kognitívnymi cieľmi výučby podľa tohto variantu metodiky je prehĺbenie si spôsobilostí vedeckej práce (pozorovanie záznamov interakcie s čiernymi skrinkami, usudzovanie, vytváranie predpokladov a záverov o princípoch ich fungovania) a precvičenie si kódovania rôznych údajových typov a šifrovanie textov.

Žiakom poskytneme pracovný list 1 (uvedený v prílohe metodiky) so záznamami interakcie človeka s 19 čiernymi skrinkami. V prípade výučby talentovanej mládeže môžeme nechať vyplniť celý pracovný list žiakom ako didaktický test. Pri výučbe bežnej populácie odporúčame nasledovný priebeh výučby:

1. Motivujeme žiakov, aby prijali rolu detektíva a odhaľovali princíp fungovania jednotlivých čiernych skriniek.
2. Ukážeme žiakom na prvej, resp. aj na druhej čiernej skrinke spôsob riešenia úloh a zaznamenania ich výsledkov do pracovného listu.
3. Necháme žiakov riešiť skupiny úloh – najprv samostatne, potom v dvojiciach a napokon riešenie uzavrieme spoločnou diskusiou v rámci celej triedy.
4. Necháme žiakov samostatne zodpovedať záverečné otázky v pracovnom liste, týkajúce sa jednoznačnosti riešenia úloh, ich náročnosti, zaujímavosti a reflexie k tomu, čo sa naučili riešením týchto úloh.
5. Zhrnieme výsledky jednotlivých úloh vo vzťahu ku kódovaniu a šifrovaniu informácii, a tiež k metóde čiernej skrinky ako jednej z metód riešenia problémov, ktorá však nezaručuje jednoznačnosť riešenia úloh.

Jednotlivé skupiny úloh mapujú rôzne prvky učiva:

- úlohy 1 – 7: lineárnu funkciu,
- úlohy 8: funkciu modulo (príklad periodickej funkcie),
- úlohy 9 – 10: funkcie s dvoma premennými (súčet, konkatenáciu reťazcov),

- úlohy 11 – 12: dvojkové čísla (prevod do dvojkovej sústavy, súčet dvojkových čísel),
- úlohy 13 – 14: textové reťazce (dĺžku reťazca, palindromickosť čiže symetriu reťazca),
- úlohy 15 – 16: základné pojmy teórie grafov (počet vrcholov grafu, počet hrán grafu),
- úlohy 17 – 19: šifrovanie textov (obrátený reťazec, reťazec s nahradenými znakmi s posunom o 1 znak, reťazec s obrátenými spoluhláskami).

Na základe diskusie so žiakmi k riešeniu jednotlivých skupín úloh a tiež výsledkov pracovného listu môžeme vyhodnotiť výučbu z pohľadu nasledovných aspektov:

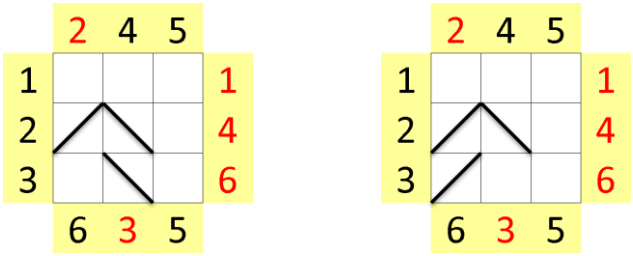
- miera samostatnosti žiakov pri riešení úloh,
- miera schopnosti žiakov klásť logické predpoklady,
- miera exaktnosti vyjadrovania pravidiel (matematicky/slovným opisom),
- miera výstižnosti/adekvátnosti pomenovania čiernej skrinky vzhľadom na princíp jej fungovania, kreativitu a zmysel pre humor pri tvorbe pomenovaní,
- úspešnosť jednotlivých žiakov pri riešení úloh,
- náročnosť jednotlivých úloh,
- postoje žiakov k náročnosti a zaujímavosti všetkých predložených úloh,
- predstavy žiakov o jednoznačnosti riešenia úloh,
- záujmy žiakov riešiť podobné úlohy,
- vyjadrenie sa žiakov k učivu, ktoré sa naučili.

Variant B

Tento variant je oproti variantu A viac hravý, nevyžadujúci si exaktné matematické vyjadrovanie. Hlavným kognitívnym cieľom výučby podľa tohto variantu metodiky je prehĺbenie si spôsobilostí vedeckej práce (experimentovanie s rôznymi vstupmi čiernych skriniek, vytváranie a overovanie hypotéz, vytváranie záverov o princípoch ich fungovania).

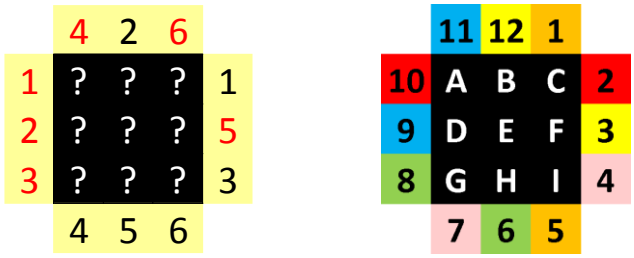
Žiakom poskytneme pracovný list 2 (uvedený v prílohe metodiky), v ktorom sú uvedené základné pravidlá hry *Biliardové tajomstvo*, ukážka priebehu hry a jej výsledku a viaceré hracie plány hry. Pri výučbe odporúčame nasledovný priebeh výučby:

1. Uvedieme pravidlá hry spolu s ukážkou priebehu hry a jej výsledku.
2. Necháme žiakov hrať hru v dvojiciach.
3. Necháme žiakov v dvojiciach experimentovať s rôznym počtom a tvarom prekážok, rôznymi rozmermi krabice, tvoriť závery k riešiteľnosti úlohy a jednoznačnosti jej riešenia.
4. Zhrnieme získané výsledky jednotlivých variantov tejto hry, ukážeme rôzne riešenia rozloženia prekážok v krabici s rovnakým správaním čiernej skrinky (pozri obrázok 2), zdôvodníme neriešiteľnosť rozloženia prekážok pre vybrané správania čiernej skrinky, zdôrazníme význam vhodného označenia vstupov, výstupov a prekážok v krabici.



Obr. 2 Rôzne rozloženia prekážok v krabici s rovnakým správaním čiernej skrinky.

Ak majú obaja hráči pred sebou hrací plán, dajú sa vstupy aj výstupy označovať odpovedajúcimi číslovkami (resp. tvarmi, farbami) a riešenie úlohy (rozloženie prekážok) zakresliť priamo do hracieho plánu. Ak žiaci nepoužívajú spoločný vizuálne kontrolovaný hrací plán, ale len sa hlasom informujú o vstupoch a výstupoch, tak je potrebné precíznejšie označiť vstupy, výstupy a tiež rozmiestnenie prekážok v krabici (pozri obrázok 3).



Obr. 3 Rôzne označenia pre zadané vstupy a výstupy. Označenie vľavo pre vizuálnu a označenie vpravo pre hlasovú komunikáciu hráčov.

Správanie čiernej skrinky uvedenej na obrázku 3 môžeme zaznamenať postupnosťou dvojíc vstupov a výstupov: 10 – 2, 9 – 11, 8 – 6, 12 – 3, 1 – 5, 4 – 7. Riešenie 1, resp. 2 uvedené na obrázku 2 môžeme zaznamenať zoznamom pozícií prekážok a ich typov: D/**,** E**,** H\, resp. D/, E\, G/. Iný spôsob označenia riešenia je po riadkoch pomocou znakov: (· · ·, / \ · , · \ ·), resp. (· · ·, / \ · , / · ·).

Experimentovanie žiakov v dvojiciach môžeme usmerniť vhodnými otázkami a úlohami, napr.:

- Dá sa vždy navrhnúť čierna skrinka s očakávanými vstupmi a výstupmi?
- Navrhnite čiernu skrinku s dvojicami vstupov a výstupov: 10 – 2, 9 – 3, 8 – 4.
- Koľko prekážok potrebujete umiestniť do krabice postupne pre dvojice vstupov a výstupov 9 – 3, 9 – 2, 9 – 12?
- Dá sa navrhnúť čierna skrinka len pomocou uvedených 2 typov prekážok, aby bol vstup zároveň výstupom?
- Preskúmajte prípady rozmiestnenia prekážok, pri ktorých sa dostaneme zo vstupu 12 postupne do každého z výstupov 1 až 12.
- Preskúmajte prípady rozmiestnenia prekážok, pri ktorých sa dostaneme zo vstupu 4 do výstupu 7 a zároveň zo vstupu 6 do výstupu 8.
- Aké nové typy prekážok navrhujete doplniť pri riešení úloh?

Variant C

Hlavnými kognitívnymi cieľmi výučby podľa tohto variantu metodiky je prehĺbenie si spôsobilostí vedeckej práce (rovnakých ako sú uvedené vo variante B) a precvičenie si kódovania a šifrovania údajov pomocou rôznych matematických funkcií (napr. lineárnej, absolútnej hodnoty, modulo, počtu cifier, ciferného súčtu).

Žiakom poskytneme pracovné listy 3 a 4 (uvedené v prílohe metodiky), do ktorých budú zaznamenávať do tabuliek vstupy a výstupy svojho individuálneho experimentovania s čiernymi skrinkami vo forme appletov. Odporúčame nasledovný priebeh výučby:

1. Necháme žiakov samostatne experimentovať s čiernymi skrinkami vo forme appletov. Tí do tabuľky pracovného listu zapíšu zadané vstupy a odpovedajúce výstupy jednotlivých čiernych skriniek a nakoniec aj pravidlá fungovania uvedených čiernych skriniek. Na základe zaznamenaných dvojíc vstupov a výstupov pre vybranú čiernu skrinku, môžu žiaci formulovať hypotézu o princípe fungovania čiernej skrinky a ďalším experimentovaním overiť platnosť vyslovenej hypotézy.
2. Potom necháme žiakov v dvojiciach prediskutovať svoje zistenia o predpisoch čiernych skriniek zaznamenaných v individuálnych pracovných listoch.
3. V závere zhrnieme výsledky jednotlivých úloh a s celou triedou prediskutujeme zistené predpisy a porovnáme ich s predpismi uvedenými v zdrojovom texte Scratch appletu s 12 čiernymi skrinkami. V prípade appletu s 5 čiernymi skrinkami (od kolegu Jána Guniša), riešenie vyvoláme zadaním reťazca `?rcs<`*n*`>`, kde $n \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$, do ľubovoľného textového políčka so vstupmi.

Obzvlášť zaujímavá je 5. čierna skrinka z appletu Jána Guniša, ktorá sa dá použiť pri overovaní nutnej podmienky správnosti programu na výpočet koreňov kvadratickej rovnice a nacvičovaní testovacích údajov.

Experimentovanie žiakov s čiernymi skrinkami vo forme appletov môžeme usmerniť vhodnými otázkami, napr.:

- Akého typu sú vstupy čiernej skrinky, akého výstupy?
- Aký vstup zadáte teraz?
- Aký výstup očakávate na zadaný vstup?
- Akú funkciu predstavujú usporiadané dvojice vstupov a výstupov (rastúcu, periodickú, ...)?
- Mení sa výstup rovnomerne pri rovnakom zvyšovaní hodnôt vstupov (lineárna funkcia)? Aký sme dostali výstup pri vstupe 0? O koľko sa zvýši/zníži výstup pri zmene vstupu o 1?
- Platí predpokladaný predpis aj pre väčšie (napr. dvojciferné, trojciferné) čísla?
- Akú máte hypotézu o princípe fungovania čiernej skrinky?

Všeobecné metodické komentáre k priebehu výučby

Celkovo vo všetkých troch variantoch metodiky výučby je veľmi dôležité upozorniť žiakov, že tieto predpisy sú len jednou z možností, nie jednoznačným riešením princípu fungovania jednotlivých čiernych skriniek. Skutočné pravidlo zistíme až odhalením čiernej skrinky. Kritické myslenie žiakov môžeme rozvíjať diskusiou k riešeniam čiernych skriniek. Napr. správanie prvej čiernej skrinky zo sady 19 čiernych skriniek z variantu A môže byť popísané funkciou $f(x) = x$. Ale pri vstupoch, napr. $x < 100$, vyhovuje riešeniu aj iné funkcie, napr. $f(x) = x \bmod 100$, či $f(x) = 100 - \mathrm{abs}(x - 100)$. Postupnosť čísel 1, 2, ... môžeme doplniť ľubovoľným číslom, čo vieme žiakom zdôvodniť alebo aspoň ukázať, že dvomi bodmi v rovine vieme viesť jedinú priamku, ale nekonečne veľa parabol. V tabuľke 1 sú uvedené kvadratické funkcie odpovedajúce rôznym trojiciam bodov vypočítané appletom[3].

Tab. 1 Kvadratické a lineárne funkcie odpovedajúce súradniciam troch bodov

Súradnice 3 bodov	[1, 1], [2, 2], [3, **2**]	[1, 1], [2, 2], [3, **3**]	[1, 1], [2, 2], [3, **4**]
Zodpovedajúca funkcia	$-\frac{x^2 - 5x + 2}{2}$	x	$\frac{x^2 - x + 2}{2}$

Žiakom, ktorí poznajú mocninové funkcie, môžeme ukázať, že doplnenie nasledujúceho člena postupnosti čísel 1, 1, 2, 3, 5, 8 nemusí mať jediné riešenie číslo 13, ako sa to predpokladá v psychologických testoch, ktoré merajú schopnosť človeka zistiť prvoplánový vzťah medzi číslami (číslo je rovné súčtu predchádzajúcich dvoch čísel). Pomocou vyššie uvedeného appletu nájdeme pre nasledujúce číslo postupnosti 12 polynóm $\frac{2x^6 - 51x^5 + 515x^4 - 2595x^3 + 6863x^2 - 8694x + 4320}{360}$, resp. pre číslo 14 polynóm $\frac{x^6 - 24x^5 + 230x^4 - 1110x^3 + 2829x^2 - 3486x + 1680}{120}$, ktorý popisuje prvých 7 členov postupnosti čísel 1, 1, 2, 3, 5, 8, 12, resp. 1, 1, 2, 3, 5, 8, 14.

Okrem rozvoja slovnej kreativity pri pomenúvaní čiernych skriniek, môžu žiaci, prípade ich učitelia, prejaviť kreativitu pri vytváraní vlastných, obmenených či parametrizovaných čiernych skriniek v tlačenej alebo elektronickej podobe, napr. remixovaním Scratch projektu[4].

Pre skvalitnenie vlastnej výučby učiteľa a tiež pre skvalitnenie predloženej metodiky je dôležité urobiť reflexiu vlastnej výučby a tiež poskytnúť autorom metodiky spätnú väzbu k vytvorenej metodike spolu s výsledkami žiakov (napr. vyplnenými pracovnými listami, riešeniami didaktických testov, žiackymi projektmi, dotazníkmi, videozáznamami z výučby). Po ukončení výučby by mal učiteľ urobiť reflexiu tejto výučby, napr. zodpovedaním si na nasledovné otázky:

- Ktoré z uvedených čiernych skriniek žiaci zvládli a s ktorými mali problém?

[3] Applet s výpočtom: http://www.solvemymath.com/online_math_calculator/interpolation.php
[4] Scratch projekt s 12 číselnými čiernymi skrinkami:http://scratch.mit.edu/projects/17048661/

- Ako zvládli učivo šikovnejší, resp. slabší žiaci?
- V čom bola príčina nesprávneho/nepresného riešenia (matematická náročnosť úlohy, nízka úroveň formálneho vyjadrovania sa žiaka, nedostatok času, nezáujem žiaka)?
- Bola vytvorená priaznivá tvorivá atmosféra pri výučbe?
- Prejavili žiaci záujem o odhaľovanie či tvorbu ďalších čiernych skriniek?
- Aké zaujímavé postrehy či nápady na čierne skrinky priniesli žiaci?

4 Pozorovania a zistenia z výučby

Pozorovania a zistenia z výučby autora metodiky

Metódu čiernej skrinky sme vyučovali vo formálnom aj neformálnom vzdelávaní žiakov základných škôl, študentov učiteľstva informatiky aj učiteľov informatiky. V každej cieľovej skupine sme poskytli na odhaľovanie sadu viacerých čiernych skriniek (variant A) a v prípade dostatočnej časovej rezervy aj hru *Biliardové tajomstvo* (variant B) či applety (variant C). Snažili sme sa vytvoriť príjemnú a tvorivú atmosféru pri odhaľovaní čiernych skriniek, a to pútavým uvedením týchto aktivít a tiež požiadavkou vymyslieť výstižný názov pre čierne skrinky (škriatkov): „Poďme sa teraz zahrať na detektívov, ktorí v krajine Škriatkovo stretávajú rôznych škriatkov. Každý zo škriatkov sa správa inak. Našou úlohou je zistiť pravidlo, podľa ktorého sa jednotliví škriatkovia správajú. Ku každému škriatkovi napíšte pravidlo, podľa ktorého sa správa, a dajte mu aj čo najpriliehavejšie meno.“

Prvá výučba metódy čiernej skrinky prebehla v júni 1994 na ZŠ Košická v Bratislave so žiakmi 6. ročníka, ktorí odhaľovali niekoľko čiernych skriniek a následne v dvojiciach hrali hru *Biliardové tajomstvo* (predtým *Golfová prekážka*). Počas výučby vypukol u jednej dvojice veľký spor týkajúci sa riešenia. Ukázalo sa, že táto dvojica mala čierne skrinky s rôznou štruktúrou, ale rovnakým správaním. To len potvrdilo fakt, že na základe experimentálneho pozorovania správania čiernej skrinky nemôžeme s istotou určiť jej štruktúru, len vysloviť hypotézu o tejto štruktúre.

V rámci informatického krúžku na pôde našej fakulty sme so žiakmi 6. – 9. ročníka základných škôl realizovali odhaľovanie čiernych skriniek formou vytlačených pracovných listov (2013) aj formou interaktívneho Scratch appletu (2014). Pri tlačenej podobe sme mali zaznamenané výsledky a pomenovania čiernych skriniek, pri interaktívnych sme mohli sledovať postup uvažovania pri odhaľovaní čiernych skriniek. Pri oboch formách sa ukázali niektoré čierne skrinky náročné. Možnosť opisného vyjadrenia princípu fungovania čiernych skriniek nám ukázala, že žiak rozumie princípu, len ho doposiaľ presne nevyjadroval, napr. pomocou funkcie modulo.

Metódu čiernej skrinky sme použili v rámci odborno-relaxačného popoludnia finálového kola súťaže PALMA junior v júni 2013, kde žiaci formou Náboja v tímoch s vysokou úspešnosťou

určovali riešenia čiernych skriniek so záznamom ich správania (variant A) a dávali im rôzne vtipné pomenovania.

Pri realizácii metódy čiernej skrinky vo vysokoškolskej príprave (cca od 1992) a kontinuálnom vzdelávaní učiteľov informatiky (od 2009) boli (budúci) učitelia najprv v role žiaka objavujúceho princípy fungovania čiernych skriniek a následne v role učiteľa diskutujúceho o vybraných aspektoch metódy čiernej skrinky a spôsoboch jej nasadenia do vlastnej výučby. V rámci výučby didaktiky informatiky na dennom štúdiu (máj 2014) sme nabádali študentov k rozmýšľaniu nahlas, pričom sme pozorovali ich sled myšlienok, predpoklady a závery pri odhaľovaní čiernej skrinky hry *Biliardové tajomstvo*. Podobne ako pri dennej výučbe, aj na školení učiteľov v rámci projektu VEMIV (júl 2014) boli zaujímavé diskusie o spôsoboch označenia vstupov a výstupov čiernej skrinky hry *Biliardové tajomstvo* a o jej možných riešeniach. Namiesto prezentácie nalinajkovaného postupu vyučovania metódy čiernej skrinky sme uprednostnili didaktické diskusie s otázkami typu:

- Kedy, ako dlho a akým spôsobom použiť vo výučbe metódu čiernej skrinky?
- Učiť to ako jeden celok, alebo rozptýlene v rôznych témach školskej informatiky, alebo ako kombináciu oboch prístupov?
- Použiť vo výučbe len interaktívne applety alebo aj čierne skrinky so zaznamenanými vstupmi a výstupmi?
- Akú organizačnú formu (frontálnu, skupinovú, individuálnu) uprednostniť pri výučbe metódy čiernej skrinky?

Pozorovania a zistenia z výučby učiteľov gymnázií

V novembri 2014 sa realizovala dvojhodinová výučba metódy čiernej skrinky v dvoch triedach (kvintách) jedného osemročného gymnázia. Vo výučbe s celou triedou učiteľka použila variant A metodiky výučby s použitím vytlačených pracovných listov. Na začiatku výučby vysvetlila pojem čiernej skrinky, potom hrala rolu čiernej skrinky, keď do niektorých riadkov tabuľky vpisovala vstupy a im odpovedajúce výstupy, a diskutovala so žiakmi, ako by doplnili hodnoty neuvedených vstupov či výstupov. Žiaci, ktorí riešia matematické a informatické súťaže, reagovali pohotovejšie a presnejšie. Ďalej žiaci individuálne riešili ostatné čierne skrinky. Viacerí z nich boli zaskočení požiadavkou primerane pomenovať zodpovedajúce predpisy čiernych skriniek. Na príkladoch žiakmi nevhodne pomenovaných čiernych skriniek učiteľka ukázala na dôležitosť správneho pomenovania nielen čiernych skriniek, ale aj iných objektov (premenných, procedúr), ktoré je veľmi nápomocné pri riešení problémov. V závere hodiny bola žiakom predstavená a demonštrovaná hra *Biliardové tajomstvo* (s jednou a následne s troma prekážkami) z variantu B, ktorú dostali za domácu úlohu si ju zahrať v dvojiciach. Na druhej hodine učiteľka najprv so žiakmi prediskutovala riešenia hry *Biliardové tajomstvo* a potom ich nechala individuálne odhaľovať

12 čiernych skriniek pomocou interaktívneho Scratch appletu. Na záver hodiny si žiaci vzájomne porovnali výsledky aj rôzne zápisy týchto výsledkov a na domácu úlohu dostali doriešiť na hodine zvyšujúce čierne skrinky.

V dotazníku učiteľka uviedla, že žiaci pracovali prevažne jednotlivo, prípadne v dvojiciach a ona bola aktívna len pri uvádzaní metódy čiernej skrinky a pri sumarizácii a hodnotení výsledkov žiakov. Zaujímavé pre ňu bolo sledovať, ako žiaci postupujú pri riešení úloh, niektorí preskakovali úlohy, ktoré hneď nevedeli vyriešiť. Niektorí slabší žiaci stratili už pri 6. čiernej skrinke (variant A) vnútornú motiváciu riešiť ďalšie úlohy. Vo variante A boli pre žiakov náročné skrinky 12 (nepreberal sa ešte súčet čísel v dvojkovej sústave) a 19 (nečakali zložené pravidlo zložené z dvoch pravidiel – jedného pre samohlásky a druhého pre spoluhlásky). V riešení 12. čiernej skrinky (variant C) žiaci nepoužili absolútnu hodnotu, ale uviedli pravidlo $y = x$ (pre $x \leq 50$) a pravidlo $y = 100 - x$ (pre $50 < x \leq 100$). Celkovo žiakov čierne skrinky zaujali (na úrovni *áno* pre variant A a na úrovni *skôr áno* pre variant C) a pokladajú ich riešenie za náročné (na úrovni *skôr áno* pre variant A a na úrovni *áno* pre variant C).

Učiteľka uviedla nasledovné spôsobilostí vedeckej práce, ktoré sa u žiakov rozvíjali počas realizácie danej metodiky:

- Formulovať hypotézu/teoretický model.
- Používať technológie a matematiku počas skúmania.
- Formulovať závery na základe dosiahnutých výsledkov.
- Vysvetliť neočakávané výsledky – identifikovať možné zdroje chýb.
- Prezentovať a obhajovať výsledky skúmania pred publikom.

Učiteľka považuje obsah učiva za primeraný, dokonca navrhuje pridať 3 – 4 čierne skrinky pre najšikovnejších žiakov. Konštatuje, že žiaci neradi argumentujú svoje riešenia v slovnej či písomnej podobe, lebo tieto riešenia považujú za zrejmé. V interaktívnych Scratch appletoch odporúča ošetriť hraničné hodnoty pre vstupy a výstupy čiernych skriniek.

Na základe žiakmi vyplnených 13 pracovných listov pre variant A môžeme uviesť nasledovné výsledky:

- Najnižšiu úspešnosť riešenia dosiahli žiaci pri čiernych skrinkách 19 (reťazec s obrátenými spoluhláskami), 12 (súčet dvojkových čísel) a 14 (palindromickosť reťazca) s úspešnosťami riešenia 1/13, 6/13, 7/13. Je zaujímavé, že žiaci považovali za najťažšie tiež tieto čierne skrinky, ale v inom poradí 12 a 14 s 19. Na základe toho čiernu skrinku 19 označíme ako bonusovú nepovinnú úlohu. Odpovede žiakov na to, ktorú úlohu považujú za najľahšiu, mali malý rozptyl a nedá sa z nich nič vyvodiť.

- Žiaci uvádzali v rôznej miere výstižné názvy čiernych skriniek, niektoré z nich boli veľmi zaujímavé, iné sa objavili pri viacerých rôznych čiernych skrinkách (napr. 1 ($y = x$): reproduktor, zrkadlo; 2 ($y = x + 1$): pridávač, posúvač; 3 ($y = 10 – x$): doplňovák; 4 ($y = 6x$): šestorák; 8 ($y = x$ mod 3): vlnič; 9 ($z = x + y$): súčtovateľ; 16 (y = počet hrán grafu): výplet; 17 (y = obrátený reťazec): zrkadlo; 18 (y = nahradenie znakov nasledovníkmi): posunovač; 19 (y = reťazec s obrátenými spoluhláskami): nevedko).
- V niektorých čiernych skrinkách žiaci uviedli iné ako autorské riešenia (napr. 11 (y = dvojkový nasledovník): doplnenie $6 = 1000_2$, $7 = 1001_2$, pravidlo: ak párne vynásob 10, inak pričítaj 1; 12 (z = dvojkový súčet): pravidlo: $x + y$, pre $x \neq y$, resp. pravidlo: $10x$, pre $x = y$, 14 (y = palindromickosť reťazca): pravidlo: ak rovnaké znaky, tak 1, inak 0, alebo pravidlo: ak rovnaké prvé a posledné znaky, tak 1, inak 0; 15 (y = hrany grafu): vonkajšie hrany).
- Z 13 žiakov 10 uviedli, že tieto úlohy boli pre nich zaujímavé a primerané, a tiež, že majú chuť aj nabudúce odhaľovať čierne skrinky.
- Na otázku, čo sa naučili pri riešení týchto úloh, žiaci odpovedali veľmi rôznorodo, napr. „spolupráca tíme“ (3), „rozvoj logického myslenia“ (3), „pohľad na veci z inej strany“ (2), „precvičenie si výpočtov s postupnosťami“ (2), „nácvik trpezlivosti“ (1), „zopakovanie si matematiky“ (1).
- U žiakov, ktorí nevyjadrili svoje riešenie matematickým predpisom ani slovným vysvetlením, bolo jedinou indíciou správnosti ich riešenia pomenovanie čiernej skrinky, resp. doplnenie jednej či viacero dvojíc vstupov a výstupov čiernej skrinky. Týmto pracovným listom sa dá diagnostikovať miera logického myslenia žiakov a tiež úroveň ich matematického vyjadrovania.

Experimentovanie 16 žiakov s appletom (variant C) prinieslo tieto výsledky:

- Najnižšie skóre dosiahli riešenia čiernych skriniek 8 (rovnaká cifra na mieste desiatok a jednotiek) a 9 (zaokrúhlenie nadol na desiatky).
- 3 žiaci mali úspešnosť riešenia 100 % a 10 žiakov úspešnosť nad 83 %.

5 Alternatívy metodiky

Pri príprave výučby metódy čiernej skrinky treba zohľadniť viaceré aspekty jej nasadenia vo výučbe:

- dôraz na metódu čiernej skrinky (rôznorodé čierne skrinky) alebo na informatické učivo (čierne skrinky zamerané na vybranú tému),
- časové možnosti (výber určitej podmnožiny z predložených čiernych skriniek),
- vekové zvláštnosti (spôsob podania čiernych skriniek),
- matematický aparát (výber čiernych skriniek s vybranými predpismi).

Je na samotnom učiteľovi, ktorý z variantov metodiky A, B, C vyberie, či si sám zostaví vlastný variant metodiky vytvorený redukciou či kombináciou uvedených variantov. Vo výučbe bežnej populácie žiakov odporúčame kombináciu variantu A a variantu C (s vybranými čiernymi skrinkami). Variant B pokladáme za vhodný pre výučbu informatiky nevyžadujúcu od žiakov znalosti matematických funkcií alebo pre mimoškolské vzdelávacie aktivity. Variant A v plnom rozsahu s 19 čiernymi skrinkami so záznamami ich správania odporúčame použiť len vo výučbe talentovaných žiakov, pre ktorých je intelektuálnou výzvou individuálne alebo v skupinách zisťovať správanie uvedených čiernych skriniek za čo najkratší čas.

Po uvedení metódy čiernej skrinky a po vyriešení niekoľkých čiernych skriniek na jednej vyučovacej hodine sa dá k metóde čiernej skrinky vracať pri jej využití v rôznych témach školskej informatiky (napr. kódovanie, šifrovanie, testovanie programov, princípy aritmetiky počítača). Učiteľ alebo aj samotní žiaci môžu pripraviť, prípadne aj naprogramovať vlastné čierne skrinky so zameraním na vybranú tému (napr. na lineárnu funkciu, šifrovanie) a využiť ich, napr. pri tímových súťažiach typu Náboj.

V duchu teórie zóny najbližšieho vývoja stojí za to použiť v čiernych skrinkách aj funkcie, ktoré žiaci vedia popísať zatiaľ len slovne, lebo ich doposiaľ nemali formalizované (napr. funkcia modulo).

Pre šikovných žiakov môžeme vytvárať ďalšie typy čiernych skriniek, napr. s výstupom závislým aj od poradia zadaného vstupu, čiernych skriniek zložených z viacerých jednoduchých čiernych skriniek (s využitím zložených funkcií), čiernych skriniek s ďalšími typmi vstupov a výstupov, napr. zvuk, hmat, gesto (pri práci so žiakmi s poruchami zraku a sluchu, či na simulovanie týchto porúch u zdravých detí).