



## Riešenia Objavného kola zimnej časti na tému Genetika

### Genetika – 1 Fázová

Obrázky v šifre znázorňujú rôzne fázy bunkového delenia – mitózy:

- V profáze sú chromozómy v tvare X rozptýlené voľne po bunke.
- V metafáze sú zarovnané na stred.
- V anafáze sa chromatídy oddeľujú.
- V telofáze sa zhromažďujú na opačných koncoch bunky.

Tvary buniek sú tiež štyri a znázorňujú fázy Mesiaca: prvá štvrt' (tvar D - dorastá), spln (okružla bunka), posledná štvrt' (tvar C - cúva) a nov (prázdny kruh so šedým okrajom).

To by bolo dokopy  $4 \cdot 4 = 16$  kombinácií, ale pri nove nič nevidíme, takže by sme nevedeli identifikovať fázu mitózy. Preto existuje dokopy iba  $3 \cdot 4 + 1 = 13$  platných obrázkov, čo je presne polovica počtu písmen v abecede.

Fáza Mesiaca trvá dlhšie ako fáza mitózy a navyše chceme, aby štyri možnosti pre nov boli vedľa seba a dali sa tak zlúčiť do jednej. Preto kombinácie zoradíme a očísľujeme tak, že pre každú fázu Mesiaca vezmeme všetky fázy bunkového delenia a dáme za seba, teda najprv v poradí budú všetky fázy mitózy s prvou štvrt'ou, po nich všetky fázy so splnom, potom s poslednou štvrt'ou a nakoniec nov. Toto poradie je zmyslupnnejšie než brať pre každú fázu bunkového delenia všetky fázy Mesiaca.

Toto nám určí poradie písmena v niektorej polovici abecedy. To, o ktorú polovicu abecedy ide, nám hovorí reťazec  $< 1/2$  alebo  $> 1/2$  pod obrázkom.

Napríklad prvý obrázok znázorňuje spln a telofázu. Splny sú v poradí na pozíciách 5 až 8 a telofáza je posledná fáza, takže tento obrázok reprezentuje 8. písmeno v prvej polovici abecedy, čiže H. Dekódovaním všetkých obrázkov dostaneme HESLO JE ZÁMOČNÍK.

### Genetika – 2 Sčítanie ľudu

Keď sa pozrieme na začiatkové písmená slovných spojení, môžeme si všimnúť, že sa tam vyskytujú iba a, b a o. To môže naznačovať, že v tejto šifre pôjde o krvné skupiny, pričom o bude znamenať 0.

V prvej tabuľke sú všetky pomenovania osôb dvojslovné a navyše sú oddelené ženy a muži. Táto tabuľka udáva počty jedincov s konkrétnymi genotypmi v populácii. Genotyp je kombinácia alel (foriem génu), ktorá určuje, akú krvnú skupinu jedinec má.

Druhá tabuľka hovorí o generácii o 30 rokov neskôr. Určíme preto, aké rozloženie génov budú mať potomkovia. To spravíme jednoducho tak, že skombinujeme každého muža s každou ženou a vezmeme všetky kombinácie toho, ktorú z dvoch svojich alel predá ktorý rodič potomkovi (pre každú dvojicu matka a otec dostaneme štyri možnosti pre potomka, niektoré môžu byť aj rovnaké).



Ide o relatívne počty v ďalšej generácii, teda o pravdepodobnostné rozloženie genotypov potomkov (keďže nevieme, koľko potomkov rodičia budú mať a vplyvom náhody nemusia svoje gény predávať rovnomerne).

Napríklad keď budeme kombinovať muža s genotypom  $A0$  so ženou s genotypom  $BB$ , v dvoch prípadoch bude mať potomok genotyp  $AB$  a v dvoch  $B0$ . Síce platí, že polovica ich detí bude mať  $AB$  a polovica  $B0$ , nemôžeme však každé z nich zarátať iba raz, ale musíme dvakrát, pretože pre inú dvojicu rodičov by mohli vyjsť štyria rôzni potomkovia, každý so štvrtinovou pravdepodobnosťou, ale aktuálni majú polovičnú pravdepodobnosť, a tak musia byť zarátaní dvojnásobne veľakrát (výber každej dvojice rodičov je rovnako pravdepodobný). Keďže máme dvoch otcov s  $A0$  a jednu matku s  $BB$ , do výsledku nám to teda dá štyri  $AB$  a štyri  $B0$ .

Elegantnejší spôsob, ako spočítať genotypy potomkov, je si uvedomiť, že namiesto výberu rodiča a potom alely môžeme rovno vybrať jednu alelu spomedzi všetkých mužov a jednu alelu spomedzi všetkých žien. Muži majú  $7 \times A$ ,  $4 \times B$  a  $5 \times 0$ , ženy majú  $1 \times A$ ,  $2 \times B$  a  $1 \times 0$ , teda počty potomkov s jednotlivými genotypmi budú:

$$AA = 7 \cdot 1 = 7,$$

$$AB = 7 \cdot 2 + 4 \cdot 1 = 18,$$

$$A0 = 7 \cdot 1 + 5 \cdot 1 = 12,$$

$$BB = 4 \cdot 2 = 8,$$

$$B0 = 4 \cdot 1 + 5 \cdot 2 = 14,$$

$$00 = 5 \cdot 1 = 5.$$

V druhej tabuľke nám už na pohlaví nezáleží, takže skúmame iba krvné skupiny. Avšak pomenovania sú aj jednoslovné, pričom dvojslovné sú vždy  $AB$ . Preto budeme skúmať fenotypy, teda samotné výsledné krvné skupiny, ktoré potomkovia budú mať. Spočítame počty potomkov:

- s krvnou skupinou  $A$  (genotypy  $AA$  a  $A0$ ):  $7 + 12 = 19$ ,
- s krvnou skupinou  $B$  (genotypy  $BB$  a  $B0$ ):  $8 + 14 = 22$ ,
- s krvnou skupinou  $AB$  (genotyp  $AB$ ):  $18$ ,
- s krvnou skupinou  $0$  (genotyp  $00$ ):  $5$ .

Tieto počty prevedieme na písmená a čítame v poradí, aké zadáva tabuľka, čím dostávame riešenie **SERVER**.

### Genetika – 3 Translačná

Začnime od samotného názvu – Translačná. Ten poukazuje na transláciu, čo je nejaký spôsob dekódovania aminokyselín z informácie z RNA. V šifre samotnej sa však nachádzajú písmená  $A$ ,  $C$ ,  $T$ ,  $G$ , ktoré však prislúchajú báze DNA. Ku komplementárnej báze RNA sa však dostaneme ľahkým prevodom  $A \rightarrow U$ ,  $C \rightarrow G$ ,  $T \rightarrow A$ ,  $G \rightarrow C$ . Výsledný reťazec bude vyzeráť takto: AUGAGGGAGCCUUAGGAAAAGAAAACUCGAUGUAAUUAUAGCGC-CAAGCCAAUGAAGGCUAACUCAAAAAAAAAACAUGUGCAUCUAAGCCAAGCCAAUGGCAUAGGCC-AGCCA.



Teraz by sme mohli zistiť, o ktoré aminokyseliny sa jedná. Môžeme si všimnúť, že každá z nich je označovaná, okrem svojho názvu, aj nejakým písmenkom. Prvá trojica (AUG) je štartovací kodón. Tu teda zrejme máme začať čítať. Postupne dostávame ďalšie trojice AGG GAG CCU UAG. Tie prislúchajú arginínu (R), kyseline glutámovej (E), prolínu (P) a STOP kodónu. To je však trochu zvláštne, zatiaľ sme dostali REP, čo nevyzerá úplne ako finálny výsledok, no prišla informácia skončiť. Väčšinu šifry sme však ani nevyužili.

Čo s tým? Mohlo by nás napadnúť ignorovať koniec a pokračovať, no ľahko si všimneme, že reťazec nevieme rozdeliť celý na trojice. Zjavne tu teda musíme prestať a poračovať niekde inde. Kde inde? Predsa tam, kde nájdeme ďalší štartovací kodón. Najbližších 14 znakov preskočíme a nájdeme postupnosť AUG UUA AUA UAG. Začíname štartovacím a končíme STOP kodónom. Medzi nimi sú leucín (L) a izoleucín (I). Opäť sa odmlčíme až po ďalší štartovací kodón. Z AUG AAG GCU UAA dostaneme písmená KA, z AUG UGC AUC UAA zase CI, a nakoniec z AUG GCA UAG písmeno A. Dostaneme heslo **REPLIKÁCIA**.

## Genetika – 4 Žiadne Zygoty

V texte sa často vyskytujú uprostred slov alebo na hraniciach medzi slovami reťazce pro, meta, ana a telo, čo sú začiatky názvov fáz bunkového delenia – mitózy (profáza, metafáza, anafáza a telofáza). Napríklad v prvej vete máme:

*Sústredenia najlepších riešiteľov sú projektom určeným hlavne pre dieťa, ktoré je zavreté vo svojom dome tak dlho, že by už rado zo svojho hniezdočka vyletelo.*

V každej vete sa každá fáza nachádza práve raz, ale poradie sa líši. Navyše text hovorí (okrem mnohých nezmyselných vecí) aj o usporiadaní štyroch vecí a permutáciách.

Štyri veci (pro, meta, ana a telo) sa dajú zoradiť  $4! = 24$  spôsobmi, čo je skoro akurát na celú abecedu, presnejšie na celú abecedu okrem Y a Z. Tie sa v riešení nebudú nachádzať, aj preto sa šifra volá *Žiadne ZYgoty*.

Zoznam všetkých permutácií (usporiadaní) fáz vieme zoradiť od najmenej po najväčšiu, pričom porovnanie sa nedeje podľa abecedy, ale podľa poradia v mitóze. Prvé v zozname je teda to správne poradie (pro, meta, ana, telo), posledné je obrátené poradie (telo, ana, meta, pro).

Pre každú vetu určíme poradie permutácie v zozname a prevedieme čísla na písmená, čím dostaneme heslo **MEMBRÁNA**.

## Genetika – 5 Dedičná

Je vcelku zjavné, že šifra, aj v kontexte genetiky, predstavuje rodostrom. U všetkých, ktorí nemajú rodičov máme nejakú informáciu v podobe dvoch písmen, no inde takáto informácia chýba. Preto by sme ju možno chceli nejakú zistiť, najmä na tých miestach ktoré sú označené číslom. Sú usporiadané od 1 do 10, to by mohli byť písmená hesla. Máme pri nich však ešte ďalšiu informáciu, a to nejakú pravdepodobnosť v percentách. Na základe tohoto všetkého to vyzerá, že nás bude zaujímať nejaká dedičnosť vlastností, ak rodičia majú dve vlastnosti v podobe písmenok, nevieme s istotou povedať aký bude ich potomok, ale pravdepodobne dostane polovicu vlastností od jedného, a polovicu od druhého rodiča. Do hesla by sme však asi chceli len jedno písmenko, ktoré vieme nejakú vybrať, pretože nemáme dôvod si myslieť, že niektoré písmenko bude prechádzať na potomka častejšie.

Takéto veľké a malé písmenká v genetike väčšinou reprezentujú alely, z ktorých je silnejšia tá, ktorá je označená veľkým písmenom. Ak má jedinec jednu veľkú a jednu malú, do fenotypu sa dostane len tá veľká. V prípade že sú



obe rovnakej veľkosti by sa pravdepodobne prejavili obe, a preto nás tieto možnosti nebudú zaujímať. Takýmto spôsobom vieme vypočítať zmysluplné pravdepodobnosti pre jednotlivé písmenká.

Niekde to pôjde spraviť priamo, napríklad pri čísle 4 je  $2 \cdot 2$  možností aké alely bude mať. Každý rodič môže dať potomkovi d alebo J, teda možnosti sú dd, dJ, Jd, JJ. Tri z nich majú len J, alebo J prebije d, takže s pravdepodobnosťou  $\frac{3}{4} = 75\%$ . Aby sa nám aj niektoré náročnejšie pravdepodobnosti riešili jednoduchšie, môžeme si premeniť všetky percentá na zlomky s počtom všetkých možností v menovateli. Ten je vždy (okrem čísla 8, no tam nie je náročné písmenko zistiť) rovný počtu možných alel na jednej strane krát počtu alel na druhej strane, lebo všetky majú rovnakú šancu sa dostať do výsledku. Potom už jednoducho nájdeme také písmeno, ktoré sa vie prejavíť toľkými spôsobmi. Napríklad, pre číslo 1 je pravdepodobnosť 5 zo 64, s písmenami (d, j, K, m, N, k, O, O) na jednej strane a (l, N, L, o, k, e, N, C) na druhej. Každé písmeno sa prejaví buď ak je veľké, a druhé písmeno je malé, alebo ak aj z druhej strany príde rovnaké písmeno. V tomto prípade má teda 5 možností písmeno k, pretože môže prísť veľké K zľava a ktorékoľvek z l, o, k, e sprava, alebo malé k zľava aj sprava, čo je dokopy 5 možností. Toto spravíme pre všetky zlomky

1.  $\frac{5}{64} - K$  (Kl, Ko, Ke, Kk, kk)
2.  $\frac{1}{4} = \frac{4}{16} - O$  (dO, dO, mO, mO)
3.  $\frac{1}{256} - D$  (dd)
4.  $\frac{3}{4} - J$  (dJ, Jd, JJ)
5.  $\frac{1}{16} - E$  (ee)
6.  $\frac{3}{16} - J$  (JJ, Jj, eJ)
7.  $\frac{7}{64} - E$  (ee, ee, Em, Ee, Ed, Ee, En)
8.  $\frac{1}{4} - D$  (dd)<sup>1</sup>
9.  $\frac{3}{4} - L$  (Le, LL, mL)
10.  $\frac{0}{4} - O$ <sup>2</sup>

a zisťujeme že kód je **JEDLO**.

<sup>1</sup>Šanca, že zo 4 dostaneme d a J je rovnaká, čiže to môžeme brať tak, že priamo na políčku s číslom 4 je dJ.

<sup>2</sup>Berieme jediné písmenko, ktoré sa nachádza medzi alelami predkov, ale nemôže byť vo fenotype 10.