

Природна селекција – кратак опис симулације деловања природне на моделу, аутора Криса Мелија

Овај документ даје кратак опис модела (као напредни ниво) који се користи у овој симулацији PixelZoom-а како би се објаснило деловање природне селекције на изабраној популацији. За коришћење ове симулације претпоставља се да читалац/играч има основна знања о генетици.

Време

Време се мери у *генерацијама*. Свака револуција (круг) *генерацијског сата* (приказано је у горњем делу, на средини корисничког интерфејса) одговара кретању једне генерације.

Различити догађаји су описани као време „зидног сата“ на сату генерације. На пример, „зечеви се размножавају у 12:00“, или „вукови једу у 4:00“.

Како је рачунарска меморија коначна, симулација има ограничење од 1000 генерација. Ако часовник генерације достигне 1000, симулација се зауставља, приказује се поруком и ученик може да има увид у коначно стање.

Гени и алели

- **Наследна особина** је особина (физичка, одређена наследна болест, понашање) која се наслеђује од родитеља. На пример, “плава боја очију” или “браон крзно”.
- **Ген** је јединица наслеђивања који се преноси с родитеља на потомке. Одређени гени контролишу експресију особина. У овој симулацији су дата 3 гена: за боју длаке, облик ушију и зуба.
- Скуп различитих гена који постоје у одређеној популацији представља **генетички фонд**.
- Варијанте једног гена чине **алели**. На пример “бела боја крзна” и “тамна (браон) боја крзна” су алели гена за одређену боју длаке. (Обратите пажњу да се ген и алел често користе као синоними у литератури што није тачно, али у овој симулацији ћемо користити онако како је научно исправно!)
- **Нормални алел** (ака - “дивљи тип” је производ „нормалног“ алела на датом локусу) је присутан у популацији зечева у природи. За зечева у симулацији, нормални алели су: бело крзно, равне уши и кратки зуби.
- **Мутант** алел је сваки нестандардни алел који одступа од „нормалног“. „Мутантни“ алели могу варирати у широком распону, чак и поново добити сивљи тип уколико се догоди повратна мутација у датој популацији. За

зечеве у симулацији, мутантни алели су: браон крзно, спуштене, висеће уши и дугачки зуби.

- Свака јединка носи по два алела за сваки ген, (по један алел који је наследила од од својих родитеља). Ова два алела називају *генски пар*.
- Ако су алели гена јединке идентични, дефинисани су као *хомозиготи*. Ако се они разликују, називају се *хетерозиготи*.
- *Доминантност* је ефекат једног од алела који маскира експресију другог алела. Први алел се означава као *доминантан* а други *рецесиван*. (Обратите пажњу да је доминантност однос између два алела и да је немогуће имати однос доминантног алела док се не уведе мутантни алел.)

Генотип и фенотип

Генотип је комплетан скуп гена, генетички нацрт (енг. the blueprint) организма. Овај генетички нацрт се састоји од пара гена за сваки ген. Генотип се може скратити употребом слова за представљање сваког алела јединке. Конвенције за скраћенице се разликују, а доле испод је дат опис скраћеница које се користе у овој симулацији.

Фенотип је физички изглед организма то јест скуп свих особина једне јединке које су настале заједничким деловањем генотипа и услова средине у којима се дати организам живи. За хомозиготне јединке је то једноставно јер су алели идентични. За хетерозиготне јединке изглед је одређен доминантним алелом.

Скраћенице генотипова:

- Сваки ген има пар слова која се користе да означе његова 2 алела: ‘F’ и ‘f’ за боју крзна, ‘E’ и ‘e’ за облик ушију, ‘T’ и ‘t’ за величину зуба.
- Доминантни алели се означавају великим словима, а рецесивни, малим. На пример, ако је мутација „браон крзно“ доминантна, онда ‘F’ значи браон длаку зеца а ‘f’ белу длаку.
- Слова се могу доделити алелима само након што постоји однос доминације. На пример, ако се популација састоји од белих зечева, а мутација браон крзна није још наступила онда је немогуће означити беле зечеве као ‘F’ или ‘f’, јер „бела боја“ крзна још није укључена у доминацију односа. У овом случају, алел се не појављује у скраћеници.
- За гене код којих постоји однос доминације, генотип се скраћује коришћењем предходно поменутих слова. На пример, ако је доминантна браон боја крзна (F), доминантне савијене уши (E) и рецесивни кратки зуби (t), тада се генотип “FFEett” анализира као:
 - FF = 2 алела за браон крзно,

- Ee = 1 алел за спуштене уши, 1 алел за подигнуте/усправне уши
- tt = 2 алела за дугачке зубе
- Редослед слова у овим скраћеницама генотипова је релевантан и идентификује родитеља који је пренео алел. На пример 'Ff' се разликује од 'fF'. Први алел је наслеђен од оца, а други од мајке.

Очекиван животни век

У стварности, фактори животне средине могу утицати на очекивани животни век јединки унутар једне популације. То није случај у овој симулацији. Сви зечеви имају идентичан животни век од 5 генерација. Ако зец доживи 5 генерација, умире од старости. Зечеви умиру у 12:00, непосредно пре него што дође до размножавања.

Размножавање

У стварности, фактори животне средине могу утицати на репродукцију. То није случај у овој симулацији. На репродукцију не утичу фактори животне средине, а зечеви се размножавају по следећем моделу:

- Зечеви се размножавају у 12:00.
- Сваки зец се пари једном у генерацији. Ако је број зечева непаран, онда се један зец не може парити.
- Сваки зец може да се пари са било којим другим зецом. Однос старости, пола и родословног стабла („педигреа) су небитни.
- Ради лакшег сналажења, два родитеља називамо „оцем“ и „мајком“. У дијаграму родословног стабла отац је увек лево, а мајка је десно. У скраћеницама генотипова (нпр. „Ff“), алел наслеђен од оца је први, а алел наслеђен од мајке је други.
- Када се зечеви паре, дају 4 потомка. Парење прати [Менделов закон](#) наслеђивања. Јединка која је хомозигот образује само један тип гамета као нпр. генотип „FF“ образује гамете који су сви исти, односно сви садрже алел F (исто важи и за генотип „ff“). Овим се објашњава **прво Менделово правило (закон) раздвајања (сегрегације) алела при образовању гамета**. Да би се образовала следећа генерација, долази до спајања гамета, који се сада међусобно комбинују по принципу случајности што значи да се сваки гамет једног родитеља може спојити са сваким гаметом другог родитеља. **То је друго Менделово правило слободног комбиновања алела**. Фенотип се може проучавати путем мапе родословног стабла (педигреа) док се могућности генотипова може проучавати кроз такозвани [Пунетов квадрат](#). На пример, овај Пунетов квадрат описује парове гена за боју крзна код 4 потомака оца „FF“ и мајке „Ff“:

Генетипови родитеља за боју крзна	♂ FF		♀ Ff	
Генотипови зечева у првој генерацији потомака	FF	Ff	FF	Ff

- Зечеви освајају планету када популација (након парења) достигне број 750 или више од тога. Сви зечеви у популацији се међусобно паре. Када се пренамноже, симулација се зауставља, а на дисплеју се читава порука. Свако од играча може да прегледа коначно стање популације зечева.
- Слично се дешава и у ситуацији да сви зечеви угину или бивају поједени од стране предатора, тј. вукова. И у овом случају симулација се зауставља, на екрану се приказује порука и даје увид у коначно стање.

Мутације

Мутација настаје када се мутантни алел унесе у популацију. Мутантни алел је резултат грешака током репликације ДНК, митозе и мејозе, или других врста оштећења ДНК. У овој симулацији, мутације уводи корисник/играч, преко команде *Додај мутације*. Корисник/играч притиска дугме да покаже да ли је мутантни алел доминантан или рецесиван у односу на одговарајући, нормални алел. Мутација се затим уводи сваки следећи пут када се зечеви размножавају.

Мутација се уводи случајним одабиром једног новорођеног зечића који ће примити мутацију. Један од наслеђених алела тог зеца се бира насумично и замењује мутантним алелом. Више мутација се може појавити у исто време, али јединка неће добити више од једне мутације.

Рецесивни мутанти

Када корисник/играч изабере да мутација треба да буде рецесивна, рађа се рецесивни мутант. Пошто је мутација рецесивна, неће се појавити у фенотипу новорођеног зечића, а заправо се не може појавити у популацији све до 2. генерације, када други зечић има исти мутантни алел. Уместо да се препусти случају да ће рецесивни мутанти бити упарени, новорођеном рецесивном мутанту је приоритет да се што пре пари са другим зечићем који има исти мутантни алел, како би се мутација појавила у фенотипу што је пре могуће. Ово одређивање приоритета називамо „жељено парење“.

Када се рецесивни мутант жељено пари, производи 5 потомака. Прва 4 су као у Пунетовом квадрату, горе описаном, и укључиће једног хомозиготног рецесивног зеца. Пети потомак је такође хомозиготно рецесиван, како би се рецесивни алел брже пропагирао фенотипом. Рецесивни мутант се жељено пари само једном. Након тога се пари као и сваки други зец.

Фактори животне средине

Фактор животне средине (ака селективни агенс) је нешто у окружењу што резултира преференцијалним преживљавањем и размножавањем или преференцијалном елиминацијом јединки са одређеним генотиповима. Фактори животне средине у овој симулацији утичу на смртност зечева, тако што их бирају и елиминишу. Сваки фактор животне средине има одговарајући „исечак“ генераторског сата (приказано је на сату) током којег се примењује. Фактори животне средине примењују се овим редоследом:

- вукови,
- тврда храна,
- ограниченост ресурса хране.

Вукови

„Кришка“ вукова генерацијског сата дешава се од 2:00 до 6:00, када се могу уочити да лутају у потрази за ловином (пленом). Они једу у 4:00, и овде се могу видети подаци који се односе на вукове на графикону популације.

Број вукова је пропорционалан броју зечева, са минималним бројем вукова. Рачуница је:

број вукова = максимум (5, по рунди (број зечева/10))

Зечеви чија боја крзна одговара њиховом окружењу („подударни зечеви“) имају предност при прилагођавању. Вуковима је лакше да виде зечеве чија боја крзна не одговара њиховом окружењу, па их једу више. Ако је популација одговарајућих зечева мала (мање од 6) и има других зечева за јело, онда ће одговарајући зечеви бити занемарени.

У псеудокоду†, ево алгорита за израчунавање процента [0,1] зечева који су доступни за исхрану вукова:

//Вукови

//количине које овај алгоритам израчунава, са њиховим подразумеваним вредностима; проценат да се поједе зец са браон крзном = 0, проценат да се поједе зец са белим крзном = 0

- ако су изабрани вукови {процент зечева који су за исхрану = случајан/насумичан број између (0.35, 0.4) множилац за „не омиљене“ зечева = 2.3
- ако је станиште у тоновима браон боје {процент зечева са белим крзном за исхрану = множилац за не омиљене зечева * проценат зечева са браон крзном за исхрану = проценат зечева за исхрану
- ако је број зечева са браон крзном < 6 а број зечева са белом бојом крзна > 0 { проценат зечева са браон крзном = 0 } } још и { проценат зечева са браон крзном = множилац за „не омиљене“ зечева * проценат зечева са белим крзном = проценат зечева за исхрану
- ако је проценат зечева са белим крзном < 6 а проценат зечева са браон крзном > 0 { проценат зечева за исхрану = 0 } } }₅

Исхрана

„Кришка“ хране генерацијског сата се дешава од 6:00-10:00. Исхрана се дешава у 8:00, и и овде се могу видети податаци који се односе на исхрану на графикону популације. Код исхране постоје два фактора: тврда храна и ограничена доступност хране. Примењују се независно и овим редоследом: тврда храна, ограниченост ресурса хране. Оба ова фактора могу довести до тога да зечеви угину од глади.

Неадекватна храна за зечеви – траве оштрице

Неадекватну храну представљају траве оштрице, коју зечеви ретко једу, тако да ће неке јединке (од сваког фенотипа) гладовати. Али зечеви са кратким зубима су мање прилагођени да једу тврду храну, па ће већи проценат зечева са кратким зубима гладовати. Поред тога, ако је број зечева са дугим зубима мали (мањи од 5), онда ниједан зец са дугим зубима неће гладовати.

У псеудокоду†, ево алгоритма за израчунавање процената $[0,1]$ зечева који ће гладовати због неадекватне хране:

//Неадекватна храна за зечеви

//количине хране које овај алгоритам израчунава, са њиховим подразумеваним вредностима; проценат изгладнелих зечева кратких зуба = 0, проценат изгладнелих зечева дугих зуба = 0

- ако је изабрана само тврда храна { проценат изгладнелих зечева = случајан/насумичан број између (0.4, 0.45) проценат изгладнелих зечева кратких зуба = проценат изгладнелих зечева * 2 проценат изгладнелих зечева дугих зуба = проценат изгладнелих зечева
- ако је број зечева са дугим зубима < 5 { проценат изгладнелих зечева дугих зуба = 0 }

Ограничен ресурс хране

Ограничен ресурс хране може да доведе популацију до капацитета издрживости (енг. carrying capacity) и да тиме не фаворизује ниједан фенотип. Ако популација премашује капацитет издрживости, онда зечеви умиру како би се популација смањила и тиме смањила и капацитет издрживости. Издрживост се насумично бира да би се обезбедила нека варијабилност.

У псеудокоду†, ево алгоритма за израчунавање броја зечева који ће умрети због ограниченог ресурса хране:

//Ограничен ресурс хране

// количина коју овај алгоритам израчунава, са његовом подразумеваном вредношћу броја изгладнелих = 0

- ако је изабран ограничен ресурса хране { капацитет издрживости =

случајан/насумичан број између (90,110)

- ако је укупан број зечева > капацитета издрживости { број изгладнелих зечева = укупан број зечева – капацитет издрживости } }

†Константе приказане у горњем псеудокоду биле су тачне током времена уписаивања. Трудили смо се да те вредности буду у складу са стварношћу. Али могуће је да неко ажурира код, без ажурирања овог документа.

Графикони

Популациони раст

Графикон раста популације (у-оса приказује број зечева, а х-оса, број генерација) мења се током времена. Постоји графикон који приказује укупан број зечева, и графикон за сваки алел. Тачке података се појављују у одређеним временима/догађајима кад год дође до промене у броју зечева:

Време	Догађај
12:00	зечеви се размножавају или умиру од старости
4:00	вукови једу зечеве
8:00	фактори хране који доводе до изгладњавања зечева

Графикон пропорција

Графикон пропорција приказује пропорције алела за сваки ген на почетку и на крају сваке генерације. За тренутну генерацију, приказује тренутну пропорцију која одговара времену генерације. Почетна пропорција се рачуна у 12:00, *одмах након* што зечеви *угину* од старости или се размножавају. Крајња пропорција се такође израчунава у 12:00, *непосредно пре* него што зечеви угину од старости или почну да се размножавају.

Графикон родословног стабла/педигреа

Графикон педигреа приказује педигре зечева за 3 генерације предака. Родослов опционо приказује скраћеницу генотипа. Црвени знак „X“ на зезецу означава да је зека угинуо. Жута икона „мутације“ означава зеца мутанта.

Библиографија

Неки од ресурса који су коришћени у креирању ове симулације...

Књиге

- [Molecular and Cell Biology for Dummies, 1st Edition](#) (free download)
- [Genetics for Dummies, 2nd Edition](#) (free download)

- [Cartoon Guide to Genetics](#) (free download)
- *The Selfish Gene*, Richard Dawkins

Википедија

- [Природна селекција](#)
- [Менделови закони](#)
- [Наслеђивање](#)
- [Ген](#)
- [Алел](#)
- [Генотип](#)
- [Фенотип](#)
- [Типови наслеђивања](#)
- [Мутација](#)