

Унаочнення генетичних основ мікроеволюції організмів засобами 3D Studio Max

Вступ

В сучасних умовах інтеграції навчального простору України в Болонський процес одним із стратегічних завдань розвитку вищої освіти є формування нової динамічної системи освіти, заснованої на вдосконаленні інформаційного середовища ВНЗ, розробці і впровадженні в педагогічний процес комп'ютерно-орієнтованих навчальних програм.

Комп'ютерно-орієнтовані навчальні програми є зручним і потужним засобом для успішного вирішення актуальних проблем вищої освіти. Однією з таких проблем є підвищення ефективності формування знань, умінь і навичок студентів педагогічного вузу з основ мікроеволюції організмів.

Постановка проблеми

В Україні існує чимало успішно розроблених комп'ютерно-орієнтованих навчальних програм для вивчення іноземної мови, математичних дисциплін, фізики, біології та ін., переважна більшість з них призначена для застосування в загальноосвітніх середніх школах. Для багатьох навчальних дисциплін вищих навчальних педагогічних закладів україномовних комп'ютерно-орієнтованих навчальних програм розроблено надто мало, однією з причин такого становища є складність навчального матеріалу у вузі. При цьому чимало проблем навчання природничих дисциплін залишаються нерозв'язаними. Особливої уваги заслуговують проблеми навчання біологічних дисциплін, зокрема, курсу "Еволюційне вчення". В умовах скорочення навчального часу, передбаченого навчальними планами для фундаментальних дисциплін, частину навчального матеріалу студенти повинні вивчати самостійно, що значно ускладнює розуміння і засвоєння складного матеріалу. В результаті наукового спостереження, проведеного на кафедрі зоології Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова, нами виявлено, що при вивченні генетичних основ мікроеволюції організмів у студентів виникають труднощі в розумінні і засвоєнні складних механізмів, понять, серед яких, зокрема, "пряма" і "зворотна" транскрипція генетичного коду в клітинах організму. Наведений в підручниках текст опису дії складних механізмів транскрипції генетичного коду супроводжується унаочненнями у вигляді статичних малюнків, які відображають їх особливості в динаміці недостатньо детально і глибоко.

З метою розв'язання вищезазначених проблем навчання мікроеволюції, на кафедрі зоології НПУ імені М. П. Драгоманова розроблена комп'ютерно-орієнтована навчальна програма з мікроеволюції "Microevolution 1.0", в програмних модулях якої, на основі технології моделювання графічних 3-D (тривимірних) зображень створено динамічне унаочнення генетичних основ мікроеволюції організмів.

Використання засобів комп'ютерно-орієнтованого моделювання тривимірних зображень відкриває зручні можливості для створення динамічного унаочнення складних механізмів природних явищ і процесів, що перетворює навчання на приємне і захоплююче дослідження.

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Мета дослідження, що висвітлюється в статті - підвищити ефективність навчання студентів-біологів педагогічного вузу застосуванням у навчальному процесі унаочнення складних природних явищ і процесів. Для досягнення мети необхідно створити унаочнення генетичних основ мікроеволюції за допомогою засобів 3D Studio MAX, зокрема, тривимірну, фотореалістичну модель "прямої" і "зворотної" транскрипції генетичного коду в клітинах організму, зробити її складовою частиною комп'ютерно-орієнтованої навчальної програми з мікроеволюції "Microevolution 1.0".

Основна частина

Праця Ч. Дарвіна ще в середині XIX ст. розкрито основні механізми еволюційного процесу організмів. Згодом вченими-біологами багатьох країн Світу, на конкретних прикладах встановлено найважливіші складові частини та механізми мікроеволюційних перетворень в межах виду організмів. При цьому, важливого значення надається передумовам (силам, які зумовлюють рух системи) еволюції організмів, зокрема, властивостям живого - мінливості і спадковості.

Ці два природні явища корелятивно пов'язані з матричним принципом будови і роботи генетичного коду клітин організмів. Мінливість (різноманітність, різноякісність, наявність відмінностей між організмами) зумовлюється, по-перше, нестабільністю стану молекул ланцюга генів внаслідок виникнення спонтанних змін – мутацій, які в кінцевому результаті призводять до змін коду спадковості і, по-друге, впливом зовнішніх умов, що активує певний прояв того чи іншого гена [1, 182].

Спадковість (передавання нуклеопротейінових полімерів, диференційованих за довжиною на елементи коду - генів від покоління до покоління) - одна з важливих передумов еволюції, яка визначається самим принципом передавання спадкового коду через процес, подібний до одержання відбитків, копій з однієї і тієї самої печатки ("прямої" транскрипції з матриці). Нагадаємо, що у 1953 році Дж. Уотсоном і Ф. Кріком була запропонована просторова модель структури дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК), що допомогло встановити функціональну роль генів у клітинах організмів. Зокрема, було встановлено, що у молекулі ДНК зберігається генетичний код, що спрямовує синтез специфічних білків (ферментів). У процесі поділу ядра під час мітозу молекула ДНК, що є подвійною спіраллю, частково розкручується, при цьому порушуються водневі зв'язки між основами. Вивільнившись кожний нуклеотид притягує комплементарний нуклеотид з числа тих,

які завжди є у вільному стані всередині клітини. Після того як комплементарні нуклеотиди вишикуються у відповідному порядку уздовж матричного ланцюга, вони з'єднуються один з одним і формують половину молекули, якої бракує. Таким чином, кожний з ланцюгів молекули ДНК є матрицею для синтезу комплементарного ланцюга. Механізм функціонування коду ДНК за схемою ДНК --> РНК --> білок, прийнято називати "прямою" транскрипцією. При цьому, код передається від ДНК до рибонуклеїнової кислоти (РНК), яка переносить її до рибосом, де здійснюється синтез білка. Зазначений механізм "прямої" транскрипції забезпечує відтворення подібної молекули ДНК у дочірній клітині і процес синтезу білкової молекули [2, 256].

В клітинах організму, поруч з "прямою" транскрипцією генетичного коду може діяти "зворотна", яка зумовлює малігнізацію клітин. Нагадаємо, що малігнізацією клітин організму прийнято називати їх необмежений та безконтрольний поділ, тобто трансформацію в злоякісні клітини.

Як зазначає С. М. Гершензон [2, 480], процес "зворотної" транскрипції, що відбувається за участю онкогенних вірусів, відрізняється від звичайної "прямої" транскрипції і складається з двох етапів. Спочатку на РНК-матриці синтезується одна нитка ДНК, тобто утворюється проміжний продукт реакції, який складається з гібридних молекул, одна нитка яких – це вірусна РНК, а інша – комплементарна їй синтезована нитка ДНК. Згодом, на цій ДНК-нитці гібридної молекули синтезується друга нитка ДНК і створюється кінцевий продукт реакції – двоспиральні молекули ДНК, в яких знаходиться генетичний код, цілком перенесений з первинної вірусної РНК. Обидва етапи реакції здійснюються одним і тим же вірусним ферментом, таким чином цей фермент (зворотна транскриптаза) володіє і РНК-залежною, і ДНК-залежною полімерною активністю і здійснює всю реакцію від початку до кінця.

Припускають, що вбудовані в хромосоми тварин геноми ДНК-вмісних онкогенних вірусів, звичайно, знаходяться в репресивному стані, але в результаті впливу різноманітних фізичних і хімічних канцерогенних факторів або внаслідок мутації в цих геномах, або копіях геномів, вони активуються і тоді нормальна клітина малігнізується [2, 481].

Отже, на молекулярно-генетичному рівні механізми "прямої" та "зворотної" транскрипцій набувають для еволюції організмів важливого значення, оскільки через них забезпечується збереження не тільки генетичної норми, але і відхилень від неї, тобто мутацій - основи процесу еволюції. Узгоджене функціонування систем управління і механізмів реалізації спадкових властивостей в клітинах організму має корелятивний зв'язок з якістю генотипу окремого організму і визначає його життєздатність. Розрегулювання онтогенетичної програми клітин організму, зумовлене різними причинами, в тому числі і онкогенними вірусами, точніше їх геномами або ДНК-овими копіями їх геномів, які вмонтовуються в хромосоми клітин, спричинює малігнізацію клітин і загибель організму. Масова загибель організмів, призводить до збіднення генофонду популяції, що неминуче впливає на процес видоутворення і подальшу еволюцію виду.

Вищезазначений фактичний матеріал є надто складний для опанування студентами педагогічного вузу, проте, полегшити його засвоєння дозволяють комп'ютерно-орієнтовані навчальні програми з динамічним унаочненням.

На кафедрі зоології НПУ імені М. П. Драгоманова, з метою наукового дослідження, розроблена комп'ютерно-орієнтована навчальна програма з мікроеволюції "Microevolution 1.0", яка призначена для навчання студентів-біологів природничих факультетів педагогічних вузів.

В складі програми "Microevolution 1.0" застосовано html-сторінки з навчальним текстом і динамічним унаочненням генетичних основ мікроеволюції організмів. За допомогою засобів мови HTML (Hypertext Markup Language) здійснювалось форматування фреймів, кнопок, списків у відповідності з атрибутами HTML-дескрипторів.

Мові HTML є обмеження щодо можливостей забезпечення засобів створення та редагування високоякісних, динамічних, тривимірних зображень об'єктів для подальшого їх використання на html-сторінках. Для усунення цих обмежень існує чимало програмних продуктів з потужними засобами створення і редагування деталізованих тривимірних зображень, найпоширені серед них – Light Wave, True Space, 3D Studio MAX, Strata Studio Pro.

Одною з основних переваг програми 3D Studio MAX є підтримка мови написання керованих сценаріїв MAXScript. Потужні засоби мови MAXScript використовуються переважно для написання досить складних сценаріїв управління об'єктами (геометричними моделями) анімації.

Враховуючи переваги програми 3D Studio MAX 5.0, її було обрано в якості основного засобу створення динамічного унаочнення генетичних основ мікроеволюції, зокрема, фотореалістичної, тривимірної моделі механізму "прямої" і "зворотної" транскрипції генетичного коду в клітинах організму.

Об'єкти анімації створювались на основі методів сплайнів, сіток, кусків поверхонь Безье, неоднорідних раціональних B-сплайнів NURBS (NonUniform Rational B-Spline). Моделювання руху (динаміки) об'єктів анімації здійснювалось на основі методів об'ємної деформації, морфінгу та ін.. Розглянемо застосування зазначених методів більш детально.

В програмі 3D Studio MAX 5.0, при застосуванні методу сплайн (spline), основа конструкції тривимірних об'єктів будується з відрізків прямих та кривих ліній, форма яких визначається типом вершин (vertices) крізь які проходять ці лінії. Вказувати тип вершин при створенні сплайнів вимагається тільки для об'єктів "Лінія" (Line), а для інших об'єктів, зокрема, "Прямокутник"

(Rectangle), “Коло” (Circle) надаються зручні можливості використання шаблонів готових сплайнів. Цей метод використовувався для моделювання таких об’єктів, як прості лінії, кола, дуги тощо.

Зручним засобом моделювання оболонок графічних об’єктів є метод сіток (або многокутників), при якому тривимірні об’єкти формуються із множини чотиристоронніх багатокутників, які об’єднані разом і утворюють оболонку об’єкта. Сітчасті оболонки переважно створюються на основі тривимірних об’єктів-примітивів, які об’єднуються, модифікуються для подальшого формування об’єктів потрібної конфігурації.

Метод параметричного моделювання є одним із потужних засобів точного коригування графічних об’єктів. При використанні даного методу всі характеристики графічних об’єктів зазначаються числовими параметрами. Саме завдяки зміненню варіативних числових параметрів досягається висока точність коригування характеристик графічних об’єктів.

Коригування форми цілої ділянки поверхні графічного об’єкту здійснювалось за допомогою зручного методу моделювання на основі кусків поверхонь Безье. Даний метод оснований на принципах управління формою сплайнів за допомогою дотичних векторів, тому форму цілої ділянки поверхні графічного об’єкту можна легко змінювати переміщенням точок управління решітки деформації. Нагадаємо, що складовими частинами будь-якого куска (patch) поверхні Безье є власне поверхні та решітки деформації (deformation lattice) з точками управління формою поверхні. Деформація куска поверхні Безье здійснюється на основі наближеної сплайнової апроксимації, що забезпечує гладкість поверхні об’єкту моделювання. При всій зручності використання даного методу моделювання, має ряд обмежень, зокрема, складно здійснюється вирівнювання країв кусків для їх стиковки та створюється перехідна поверхня між двома сітками кусків Безье. Усунути ці обмеження дозволяє зручний метод моделювання на основі неоднорідних раціональних Б-сплайнів (Non-Uniform Rational B-Spline - NURBS).

Моделювання на основі неоднорідних раціональних Б-сплайнів вважається найпотужнішим методом моделювання поверхні складної графічної форми. Даний метод оснований на двох інноваційних підходах до моделювання. Основою першого підходу є створення NURBS-сплайнів і поверхонь на їх основі. При другому підході створюються NURBS-поверхні з наступним корегуванням їх форми або плавних переходів між ними. На відміну від методу моделювання на основі кусків поверхні Безье, в основі якого застосовується наближена апроксимація форми поверхні об’єкта моделювання, використання методу неоднорідних раціональних Б-сплайнів забезпечує більш точну апроксимацію (перетворення криволінійної поверхні на сітку) та надає зручні засоби управління поверхнею об’єкту моделювання.

Моделювання руху (динаміки) графічних об’єктів при створенні динамічних моделей механізмів природних явищ і процесів, здійснювалось з використанням зручних засобів “модуля імітації динаміки”, який є складовою частиною програми 3D Studio MAX. Зокрема, для імітації дії сили тяжіння, хвилеподібного викривлення та зміни траєкторії руху графічного об’єкту застосовувався метод “об’ємної деформації” (space warps). Застосування даного методу дозволяє здійснювати об’ємну деформацію графічних об’єктів в глобальній системі координат (а не тривимірному просторі, як при звичайному модифікаторі форми об’єкта), забезпечуючи цим необхідну нерівномірність деформації об’єкта в залежності від його положення і орієнтування відносно джерела об’ємної деформації.

Зручним засобом для створення анімації, в якій протягом певного інтервалу часу здійснюється перетворення (плавний перехід) одного графічного об’єкта в інший є метод “морфінг” (morphing). При застосуванні даного методу зазначаються два або більше цільові графічні об’єкти та ключові кадри, в яких вказується ступінь впливу цільових об’єктів на перетворюваний об’єкт в певний момент часу. При цьому вигляд графічного об’єкту, що перетворюється за методом морфінгу, в значній мірі визначається розміщенням вершин цільових об’єктів відносно опорних точок цих об’єктів.

На кінцевому етапі створення анімації в програмі 3D Studio MAX передбачено можливість широкого вибору формату файла збереження вихідних даних. Наприклад, окремі растрові зображення зберігаються у файлах з розширенням *.tif, *.gif. Анімація записується і зберігається переважно у файлах формату *.avi, які зручно переглядати за допомогою універсального програвача “Media Player” системи Windows. При збереженні даних у файлах формату MPEG, MJPEG, створюється вихідний файл найменшого розміру без значної втрати якості зображення та звуку.

Завдяки технології 3D MAX в кінцевому результаті розробки динамічної моделі нами отримано файли найменшого розміру, які можна використовувати в on-line режимі і без додаткової інсталяції, що надало можливість завантажувати їх на комп’ютерах низької потужності.

Вигляд програмного вікна з фрагментом динамічної моделі механізму показано на рис. 1.



Рис. 1. Вигляд програмного вікна з фрагментом динамічної моделі механізму “прямої” і “зворотної” транскрипції генетичного коду в клітинах організму

Після завершення створення комп’ютерно-орієнтованої, тривимірної моделі механізму “прямої” і “зворотної” транскрипції генетичного коду в клітинах організмів з метою визначення ефективності застосування запропонованого унаочнення в навчальному процесі педагогічного вузу на кафедрі біології та методики її навчання Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини проведено науково-педагогічний експеримент, в якому брали участь 112 студентів біологічних спеціальностей Інституту природничо-географічної освіти та екології.

Для проведення експерименту було залучено 2 контрольні і 2 експериментальні групи студентів. Вибір груп був випадковим, різниця була лише у технології навчання. В контрольних групах процес навчання будувався за традиційною технологією, в експериментальних групах - за запропонованою технологією, тобто з використанням розробленого унаочнення механізму транскрипції генетичного коду в клітинах організмів.

Під час апробації запропонованого унаочнення в складі комп’ютерно-орієнтованої навчальної програми “Microevolution 1.0” перевіріці і підтвердженню підлягала гіпотеза підвищення ефективності формування знань, умінь і навичок з мікроеволюції у студентів-біологів педагогічного вузу засобами комп’ютерно-орієнтованого унаочнення. Визначалась доцільність використання запропонованого унаочнення при вивченні генетичних основ мікроеволюції організмів. Отримані результати науково-педагогічного дослідження якісно і кількісно опрацьовано за допомогою методів варіаційної статистики. Зокрема, для статичного опрацювання результатів тестування знань студентів з мікроеволюції, виявлення якості сформованих у них знань, умінь і навичок використано критерій Колмогорова [3, 185]. Критичне значення ($T_{кр}$) статистики критерію знаходилось за таблицею “Критичні точки розподілу χ^2 ” [3, 347] для рівня значущості $\alpha=0,05$ при $g=1$ (де g – ступінь вільності) і дорівнювало $T_{кр} = 3,84$. Експериментальні дані обчислювались за формулою [4, 107]

$$T_{експ} = \frac{N(f_{11} \cdot f_{22} - f_{12} \cdot f_{21})^2}{n_1 \cdot n_2 \cdot (f_{11} \cdot f_{22}) \cdot (f_{11} + f_{22})}, \quad (1)$$

де N – загальна кількість студентів у контрольних і експериментальних групах разом;

n_1 і n_2 – число студентів у контрольних і експериментальних класах;

f_{ij} – кількість студентів відповідного рівня успішності.

При обчисленні показника критерію Колмогорова припускалась правомірність гіпотези H_0 , в якій стверджується що ефективність технології формування знань, умінь і навичок з основ мікроеволюції в умовах використання 3D унаочнення не перевищує ефективності традиційної технології. У якості гіпотези H_1 приймалось протилежне до гіпотези H_0 твердження. За результатами контрольних тестувань знань у студентів шляхом аналізу проведених обчислень згідно формули (1) встановлено, що в експериментальних групах студентів, де використовувалось запропоноване унаочнення, критичне значення показника критерію Колмогорова становить ($T_{експ}$) = 3,88 а в групах, де не використовувалось комп’ютерно-орієнтоване унаочнення ($T_{кр}$) = 3,84. Оскільки $T_{експ} > T_{кр}$, то у відповідності з правилом прийняття рішення для двостороннього критерію Колмогорова гіпотезу H_0 відкинуто, а прийнято гіпотезу H_1 .

Отже, отримані результати обчислення за двостороннім критерієм Колмогорова доказово підтвердили правомірність гіпотези про те, що ефективність формування знань, умінь і навичок з основ мікроеволюції в умовах використання унаочнення перевищує ефективність традиційної технології навчання.

Висновки

З метою вирішення актуальної наукової проблеми розробки і впровадження комп’ютерно-орієнтованих навчальних програм природничих дисциплін у вищих педагогічних навчальних закладах, за допомогою засобів HTML створено і експериментально перевірено комп’ютерно-орієнтовану навчальну програму “Microevolution 1.0”. В складі програми за допомогою засобів 3D

Studio MAX створено і реалізовано унаочнення механізму “прямої” і “зворотної” транскрипції генетичного коду клітин організму. На основі розробленого програмного забезпечення динамічно унаочнюються складні механізми генетичних процесів в клітинах організмів, що допомагає студентам з'ясувати роль складних процесів транскрипції в реалізації генетичного коду, полегшує розуміння значення молекулярних механізмів становлення складних біохімічних і фізіологічних спадкових ознак в еволюції організмів.

За результатами проведеного експерименту, під час якого використовувалось розроблене унаочнення в складі комп'ютерно-орієнтованої навчальної програми “Microevolution 1.0”, за методами варіаційної статистики виявлено підвищення ефективності формування знань, умінь і навичок студентів-біологів педагогічного вузу. Зокрема, критичне значення показника критерію Колмогорова в експериментальних групах студентів становить ($T_{\text{експ}} = 3,88$, а в групах, де не використовувалось унаочнення ($T_{\text{кр}} = 3,84$). Оскільки $T_{\text{експ}} > T_{\text{кр}}$, зазначена нерівність, згідно критерію Колмогорова, є підтвердженням ефективності розробленого унаочнення в складі комп'ютерно-орієнтованої навчальної програми “Microevolution 1.0”.

Отже, застосування в навчальному процесі педагогічного вузу унаочнення механізму “прямої” і “зворотної” транскрипції генетичного коду в клітинах організмів дозволило розв'язати проблему підвищення ефективності формування знань, умінь і навичок студентів-біологів з основ мікроеволюції в умовах комп'ютерно-орієнтованого навчання.

Запропоноване унаочнення в складі комп'ютерно-орієнтованої навчальної програми “Microevolution 1.0” є конкурентоспроможною, високотехнологічною продукцією вітчизняного виробництва, що сприяє реалізації Державної програми “Інформаційні та комунікаційні технології в освіті і науці на 2006-2010 роки”, тому її доцільно використовувати в педагогічних вузах України для підвищення ефективності навчання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Правдін Ф. М. Дарвінізм: Підручник для студентів пед. вузів. - К.: Вища школа, 1973. – С. 182.
2. Гершензон С. М. Основы современной генетики: Монография. - К.: Наукова думка, 1979. - 504 с.
3. Жалдак М. І., Кузьміна Н. М., Берлінська С. Ю. Теорія ймовірностей і математична статистика з елементами інформаційної технології: Навч. посіб. – К.: Вища шк., 1995. – 352 с.
4. Гласс Дж., Стенли Дж. Статистические методы в педагогике и психологии / Пер. с англ. Л. И. Хайрусовой. - М.: Прогрес, 1976. - 495 с.