

РІДНА
ШКОЛА

ВЕРЕСЕНЬ
2000

Щомісячний науково-педагогічний журнал
ISSN 0131-6788.

спеціальний випуск



Криворізькому
державному
педагогічному
університету –
70 років!



Комп'ютерне моделювання в школі як засіб розвитку творчого мислення учнів



Ілля ТЕПЛИЦЬКИЙ.

старший викладач кафедри інформатики та обчислювальної техніки

У системі національної світи все гостріше відчувається потреба у спрямуванні змісту навчання на виховання творчої особистості, ознайомлення молоді з методами системних досліджень, глибокого вивчення та аналізу сутностей явищ і процесів у різних галузях знань. І хоч серед педагогів — учених і вчителів-практиків — і досі не існує загальноприйнятого уявлення про зміст, мету і завдання навчального курсу інформатики, все ж в останні роки спостерігається стійка тенденція до прийняття як одного з пріоритетних напрямів — інформаційного моделювання.

значущість дослідницької діяльності у навчанні. З позицій розвивального навчання найбільш важливою є можливість використання комп'ютерного моделювання як засобу розвитку операційних структур мислення, пов'язаних із творчими здібностями і творчою продуктивністю. Воно є реальною основою посилення практичної спрямованості шкільного курсу інформатики.

3. Робота з комп'ютерного моделювання, пов'язана з побудовою й вивченням моделей, окрім спеціальних знань, вимагає ще й розвинутого системного й логічного мислення, що має самостійну загальноосвітню цінність.

4. Усі необхідні психологічні передумови для здійснення цілеспрямованої навчально-виховної роботи з розвитку творчого мислення учнів засобами комп'ютерного моделювання виникають у старшому віці.

У ході дослідження нами розроблено факультативний курс поглибленого вивчення основ комп'ютерного моделювання, який, пройшов апробацію в Центральній міській гімназії м. Кривого Рогу та в Криворізькому державному педуніверситеті. Матеріали навчального посібника були також викладені в курсі лекцій, прочитаних автором для вчителів інформатики під час курсової перепідготовки у Дніпропетровському обласному інституті освіти (1996—1999 р.) та на засіданнях міського постійно діючого семінару «Комп'ютерне моделювання та інформаційні

технології в освітній діяльності» (м. Кривий Ріг, 1999—2000 р.).

Головні завдання курсу : ознайомлення з основними принципами побудови та дослідження математичних моделей; навчання найбільш поширеним методикам такої роботи; формування культури дослідницької діяльності з використанням засобів ЕОТ. Навчальний матеріал містить широкий спектр задач із різних предметних галузей і передбачає вивчення початкових відомостей про моделі й технологію моделювання:

на конкретних прикладах розглянуто весь цикл моделювання — постановка задачі та її змістовний аналіз; формалізація задачі й побудова математичної моделі; складання алгоритму; обчислювальний експеримент (включаючи перевірку моделі на адекватність); інтерпретація результатів; удосконалення моделі;

виходячи з природи досліджуваних явищ, виокремлюються детерміновані та стохастичні моделі й відпрацьовуються особливості побудови моделей кожного виду;

обговорюються такі специфічні питання моделювання, як вибір придатного типу моделі та відповідного середовища для моделювання, дискретизація процесів, що моделюються, використання чисельних методів, походження похибок округлення та шляхи їх зменшення; наводяться початкові відомості про стійкість моделі та деякі прості способи її забезпечення;

Проведений нами протягом останніх семи років психолого-педагогічний аналіз та практичні дослідження з проблеми систематичного запровадження в шкільну практику методу моделювання дають змогу стверджувати:

1. Комп'ютерне математичне моделювання в урочній та позаурочній діяльності є ефективним засобом розвитку творчих здібностей учнів, оскільки воно здатне стимулювати їхню пізнавальну активність, сприяти актуалізації та поглибленню міжпредметних зв'язків, формувати культуру проведення дослідницької роботи з використанням засобів ЕОТ.

2. Досліджуючи моделі різних об'єктів, учні одержують результати, які є новими у їхньому суб'єктивному досвіді, а іноді й об'єктно новими. Враховуючи, що однією з важливих вимог до моделі є забезпечення її відкритості (як у бік спрощення, так і ускладнення), можна стверджувати, що процес моделювання спрямований на опрацювання задач відкритого типу (задач із нечітко сформульованою умовою). А саме такі задачі сприяють посиленню пізнавальної мотивації, підвищуючи суб'єктивну

реалізовано елементи системного підходу — можливості побудови різних моделей для вивчення того ж самого об'єкта та використання однакових моделей для вивчення різних об'єктів;

спрощений попервах опис виучуваного явища в подальшому поглиблюється — майже кожна модель має не менше трьох версій; при цьому поступово нарощується понятійний апарат і триває опанування нових методів роботи (однак кількість спеціальних понять і термінів зведена до мінімуму);

матеріал посібника підпорядковано ідеї адекватного застосування комп'ютера при розв'язанні наукових та прикладних задач.

Обчислювальний експеримент із математичною моделлю (зокрема, імітаційною) усуває багато ускладнень, що виникають при аналітичному розв'язуванні задач. Це робить їх цілком доступними для старшокласників, що, у свою чергу, створює реальні передумови для розширення змістовної частини різних навчальних предметів, оскільки з'являється можливість включати до них нові цікаві дослідницькі задачі.

Ми постійно звертаємо увагу учнів на той позитивний факт, що вдало побудована модель здатна давати нові відомості про виучуваний об'єкт. Саме такі ситуації у процесі навчання створюють найбільш глибокий емоційний вплив на учнів, стаючи ефективним мотиваційним фактором.

Практична робота з комп'ютерними моделями — обчислювальний експеримент з наступною графічною інтерпретацією результатів — вимагає розв'язання принципового питання про вибір середовища для моделювання. Традиційно таке питання вирішується на користь мов програмування високого рівня. Це, однак, вимагає від учнів певних зусиль і часу для створення зручного інтерфейсу користувача і тим самим помітно відволікає від безпосередньої роботи з моделлю. Аналіз зазначеного методичного ускладнення показав, що на початковому етапі цілком достатньо, аби середовище для моделювання задовольняло таким вимогам: 1) результати дослідження мають виводитися на екран у вигляді таблиць із довільною кількістю доступних для перегляду рядків; 2) користувач має змогу за цими результатами швидко одержувати графіки залежностей між характеристиками досліджуваного об'єкта.

Ці вимоги повною мірою задовольняються електронними таблицями, що забезпечують: багатосторінкову екранну пам'ять; прості заборони перетворення табличної інформації у графічну з автоматичним

або ручним масштабуванням; широко розвинений набір функцій, в тому числі й необхідних для розв'язування задач, оптимізації. Саме тому на них ми й зупинили свій вибір.

Досвід вивчення основ комп'ютерного моделювання в рамках шкільного курсу інформатики доводить доцільність такого вибору. Дійсно, вивчення електронних таблиць і формування в учнів початкових уявлень про моделювання передбачено чинною програмою з інформатики. Спільне вивчення цих питань, на нашу думку, надає додаткові можливості для посилення практичної спрямованості курсу інформатики.

Цілком зрозуміло, однак, що використання мов програмування значно розширює можливості комп'ютерного моделювання в порівнянні з електронними таблицями. Зокрема, з'являються засоби для створення геометричних імітаційних моделей, що різняться високою наочністю й зручністю проведення досліджень. Ось чому до повної програми курсу моделювання ми включаємо питання про ефективне використання ресурсів комп'ютера. Таким чином, вивчення програмування органічно обумовлюється практичними потребами завдань моделювання.

При розгляді питань, що стосуються технології моделювання, ми завжди відчуваємо потребу у якісних, змістовних задачах. Ця проблема вирішується спільними зусиллями вчителя й учнів завдяки системі курсових завдань. Сюжетна основа для створення моделей береться з підручників, журналів «Квант», «Інформатика и образование» та ін.

Особливий інтерес учнів завжди викликають геометричні імітаційні моделі. Їх будують на підставі порівняно простих припущень стосовно механізму явища. Вони ефективно імітують поведінку об'єкта дослідження. У цих моделях досліджуване середовище подають у вигляді сітки, комірки якої моделюють елементи середовища. Потреба ж у випадкових числах, що відповідають різним станам цих елементів, задовольняється методом Монте-Карло. Для зручності роботи з такими моделями забезпечується діалоговий режим і можливість спостереження на екрані динаміки процесу. Відповідно до мети моделювання результати обчислювального експерименту подаються у вигляді таблиць та графіків.

Посібник складається з п'яти розділів.

У першому (вступному) розділі формується й у подальшому в міру необхідності уточнюються загальні уявлення щодо моделей і моделювання; наводиться класифікація мо-

делей, де особливу увагу приділено математичним, які складають основний зміст курсу.

Другий розділ ознайомлює із технологією створення моделі та подальшою роботою з нею. Сюжетна основа найпершої моделі у загальних рисах добре відома всім учням і не потребує спеціальних знань. Нами обрана на перший погляд проста, але справді зовсім нетривіальна задача про поширення чуток. Перші результати роботи з украї спрощеною версією цієї моделі виявляють їх майже повну якісну невідповідність фактам, відомим із життєвих спостережень. Далі здійснюється поступове ускладнення моделі шляхом введення до неї нових суттєвих факторів. У результаті модель стає все більш повною та достовірною. При цьому ми дотримуємося принципу відповідності: кожна наступна вдосконалена версія повинна містити в собі попередні як окремі випадки.

Третій розділ присвячено розв'язанню класичних задач математичної екології. У його першому розділі розглянуто чотири версії детермінованої моделі одновидової популяції. Спочатку досліджується найпростіша модель динаміки популяції при відсутності обмежень (модель Мальтуса) і як її розвиток — модель популяції при наявності обмежень, пов'язаних із конкуренцією (модель Ферхольста). Її логічним продовженням є наступні дві моделі промислової експлуатації популяції. Перша з них будується на основі жорсткого регулювання чисельності, що призводить до появи нестійкої рівноваги та небезпеки невідворотної загибелі популяції. У другій реалізується гнучке регулювання (модель із зворотним зв'язком), що призводить до незмінно стійких рівноважних станів. Інтерпретація результатів моделювання за двома останніми версіями виявляється корисною і в напрямі екологічного виховання учнів.

У двох наступних розділах відповідно розглянуто вікову модель одновидової популяції (дискретна модель Леслі) та модель двовидової популяції «хижак-жертва» (модель Вольтерра-Лотки). Порівняння результатів моделювання за моделями Мальтуса та Леслі доводить їх якісну схожість. Так само якісно схожими виявляються результати при порівнянні детермінованої моделі «хижак-жертва» та однойменної готової стохастичної моделі. Таким чином, учні можуть переконатися в тому, що різні моделі тих самих об'єктів здатні ефективно доповнювати одне одного.

Задачі, що пропонуються в четвертому розділі посібника, на відміну від попередніх потребують спеціаль-

них знань із курсу фізики. Для дослідження тут пропонуються приклади рухів тіл під дією змінних сил, а саме таких, що залежать від координат (сила пружності й сила всесвітнього тяжіння) та від швидкості (сила опору й аеродинамічна сила).

Головна особливість, що відрізняє ці задачі від більшості шкільних, полягає в тому, що під дією змінних сил тіла набувають змінних прискорень. При цьому швидкість руху вже не є лінійною функцією часу, а змінюється у більш складний спосіб. Ось чому точний розрахунок координат тіла у довільний момент часу методами елементарної математики стає неможливим. Так природним шляхом виникають сприятливі передумови для ознайомлення учнів з найпростішими чисельними методами.

Перший об'єкт дослідження — коливальний рух тіла на пружині з урахуванням опору у вигляді в'язкого, а далі сухого тертя. Тестування та відлагодження моделі провадиться для випадку дії на тіло однієї лише сили пружності. Закономірності такого руху добре відомі зі шкільного курсу фізики. Основний інтерес тут становить обговорення питання щодо нагромадження похибок обчислень та підвищення точності шляхом поліпшення алгоритму. Врахування сил опору дає картини затухаючих коливань, причому помітно різні при переході від в'язкого тертя до сухого.

Наступний об'єкт — рух тіла в полі тяжіння (рух планети навколо Сонця або супутника навколо планети), а також систем типу «подвійна зірка», де актуалізується необхідність переходу до системи відліку, пов'язаної зі спільним центром мас. Ці дослідження завершуються загальними задачами двох тіл на довільний дійсний показник ступеня n у законі тяжіння $F = Gm_1m_2/r^n$.

Нарешті, останнім об'єктом дослідження є політ некерованого планера (паперового літачка) під дією сили тяжіння та аеродинамічної сили. У повній версії моделі враховується, що аеродинамічна сила проявляє себе через силу лобового опору та підймальну силу й обидві вони пропорційні квадратові швидкості. Пошук задовільних значень відповідних коефіцієнтів пропорційності (параметрів моделі) становить предмет спеціального обговорення.

У п'ятому розділі вміщено задачі оптимізації. Перша з них — задача на дослідження операцій в управлінні виробництвом. Визначальна особливість відповідної моделі полягає в тому, що вона є стохастичною і ґрунтується на застосуванні методу випадкової вибірки (методу Монте-Карло) для розігрування мо-

ментів відмови обладнання. Дослідження моделі доводить, що у деяких ситуаціях вдається помітно зменшити час і вартість ремонтів виключно внаслідок вибору оптимальної організації обслуговування. До того ж учні мають нагоду зрозуміти, як за допомогою рівномірно розподілених випадкових чисел і відомого експериментального закону розподілу відносних частот відмов стає можливим моделювання реальних випадкових подій і, таким чином, оцінити ефективність методу Монте-Карло. Важливим є висновок про те, що вивчення таких моделей часто дає змогу відокремити потенціально продуктивні рішення від хибних.

Починаючи з 1996 р., наші учні постійно беруть участь у конкурсах обласного відділення МАН. Серед конкурсних робіт зазначимо такі:

— кліткові автомати: ріст кристалу на прикладі сірки;

— задача перколяції: виникнення пов'язуючого кластеру;

— фрактальні кластери: утворення берегових ліній, електроліз на плоскому і точковому катодах;

— динаміка популяцій у двовидовій системі «хижак-жертва»;

— еволюція спіральних галактик;

— політ некерованого планера — паперового літачка;

— вікова модель одновидової популяції.

Останнім часом готується цікава робота з математичної лінгвістики, присвячена статистичному аналізу літературних творів (поезії) на основі врахування індивідуальних художніх особливостей різних авторів.

Про актуальність вивчення в школі методу моделювання свідчить велика кількість публікацій з обговорюваної проблеми, що протягом останніх двох років з'явилися у відомих фахових виданнях. Так, майже в кожному номері науково-методичного журналу «Інформатика і образование» за 1999 рік друкувалися матеріали з теорії та практики моделювання. А в одному лише номері журналу «Фізика та астрономія в школі» (2000, №3) були вміщені 4 (!) відповідних статті, дві з яких безпосередньо стосуються моделювання за допомогою комп'ютера. Не обійшов увагою предмет нашого обговорення і науково-популярний журнал для вчителів та учнів «Комп'ютер в школі» (1999, №10). Серед згаданих матеріалів є чимало таких, що стосуються проблем, пов'язаних за своїм змістом із природничими дисциплінами, задачами оптимізації та математичної статистики. Зрозуміло, що згідно з авторськими задумами відповідні моделі досягають своєї головної дидактичної мети — створення у свідомості учнів чуттєвої основи для

розуміння певних складних і не завжди наочних об'єктів, до яких, зокрема, належать фізичні поля, статистичні розподіли тощо. Проте ми вважаємо, що коли йдеться про цілеспрямоване вивчення комп'ютерного моделювання у вигляді окремого факультативного курсу, замало обмежуватися моделями, які в кращому разі здатні ілюструвати зміни у «поведінці» досліджуваного об'єкта при зміні параметрів моделі. Маючи на меті розвиток науково-логічного творчого мислення (за класифікацією В.О. Моляко), ми завжди намагаємося створити умови для подальшої пошукової діяльності. Так, розглядаючи, наприклад, відому задачу про моделювання електростатичного поля, пропонуємо учням низку додаткових вправ на розвиток інтуїції, проблемні завдання на побудову полів нескладних протяжних тіл, виявлення крайових ефектів і, отже, меж застосування поняття однорідного поля. Одним із суттєвих показників (критеріїв) щодо розвитку творчого мислення засобами комп'ютерного моделювання ми вважаємо здатність учнів після прочитання, наприклад, науково-популярного журналу вміти: 1) визначити статті, які б могли стати сюжетною основою для побудови та вивчення відповідної комп'ютерної моделі; 2) скласти орієнтовний план подальшої роботи; 3) обговорити окремі етапи цієї роботи з колегами (іншими учнями) та з фахівцями (учителями-предметниками або при необхідності та по можливості — з науковцями); 4) періодично доповідати про хід власних досліджень та проблеми, що виникають; 5) одержати запланований кінцевий результат; 6) здійснити спробу вийти за межі розв'язаної задачі (сформулювати більш загальну задачу, розглянути деякі можливі й цікаві версії тощо).

У нас такі моделі використовуються для комп'ютерної підтримки практичних занять курсів основ комп'ютерного моделювання, екології, біології, окремих розділів курсу фізики, а також при вивченні мовознавства та літератури.

Розмаїтість тематики учнівських досліджень доводить, що робота з моделями здатна реально впливати на змістовну частину багатьох навчальних предметів і суттєво урізноманітнювати методи їх вивчення.

Література

1. Богоявленская Д.Б. Субъект деятельности в проблематике творчества // Вопросы психологии. — 1999. — №2. — С.35—41.
2. Давыдов В.В. Теория развивающего обучения. — М.: Интор, 1996. — 542 с.

3. Дружинин В.Н. Психология общих способностей. — СПб.: Питер Ком, 1999. — С.161.
4. Жалдак М.І. Яким бути шкільному курсу «Основи інформатики» // Комп'ютер у школі та сім'ї. — 1998. — №1.
5. Жалдак М.І., Горошко Ю.В. Комп'ютер і елементи стохастики в шкільному курсі математики // Комп'ютер у школі та сім'ї. — 1998. — №3, 4.
6. Кон И.С. Психология старшеклассника: Пособие для учителей. — М.: Просвещение, 1980. — С.45.
7. Курицкий Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0. — СПб.: ВНУ — Санкт-Петербург, 1997. — 384 с.
8. Мадзігон В.М., Руденко В.Д. Шкільній інформатиці — статус самостійної навчальної дисципліни // Комп'ютер у школі та сім'ї. — 1998. — №4.
9. Моляко В.А. Психология решения школьниками творческих задач. — К.: Радянська школа, 1983. — 94 с.
10. Моляко В.О. Актуальні соціально-психологічні аспекти обдарованості // Обдарована дитина. — 1998. — №1, 2, 3.
11. Островская Е.М. Моделирование на компьютере // Информатика и образование. — 1998. — №8.
12. Пономарев Я.А. Психология творчества // Тенденции развития психологической науки. — М.: Наука, 1988. — С.21—25.
13. Разумовский В.Г. Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физике. Пособие для учителей. — М.: Просвещение, 1975. — С.28.
14. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. — М.: Наука, Физматлит, 1997. — 312 с.
15. Теплицький І.О. Використання електронних таблиц у комп'ютерному моделюванні // Комп'ютер у школі та сім'ї. — 1999. — №2.