

УДК 013.77:004.42; 37.013.03:004. 588(073)

Головін М.Б., к. ф-м.н., Головіна Н.А. к. ф-м.н.
СНУ імені Лесі Українки

СПЕЦИФІКА НАВЧАЛЬНИХ ДІЙ, ЩО МІСТЯТЬ КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Головін М.Б., Головіна Н.А. Специфіка навчальних дій, що містять комп'ютерне моделювання фізичних процесів. У статті розглянуті аспекти формування структури декларативних знань при навчальному комп'ютерному моделюванні фізичних процесів. Представлений оригінальний графічний спосіб формалізації пізнавальної схеми об'єкта навчальної діяльності. Запропоновані рекомендації стосовно методики викладання відповідного навчального матеріалу.

Ключові слова: моделювання фізичних процесів, структура декларативних знань, пізнавальні структури та схеми, методика викладання.

Головин Н.Б., Головина Н.А. Специфика учебных действий, которые содержат компьютерное моделирование физических процессов. В статье рассмотрены аспекты формирования структуры декларативных знаний при учебном компьютерном моделировании физических процессов. Представлен оригинальный графический способ формализации познавательной схемы объекта учебной деятельности. Предложены рекомендации относительно методики преподавания соответствующего учебного материала.

Ключевые слова: моделирование физических процессов, структура декларативных знаний, познавательные структуры и схемы, методика преподавания.

Holovin N.B., Holovina N.A. Specificity of educational actions that include computer modeling of physical processes. The article deals with aspects of declarative knowledge formation structure in educational computer modeling of physical processes. Original graphic way to formalize cognitive schema of object of learning activities is presented. Recommendations concerning teaching methods of appropriate educational material are provided.

Key words: modeling of physical processes, the structure of declarative knowledge, cognitive structures and schemes, methodology of teaching.

Постановка проблеми. Комп'ютерне моделювання фізичних процесів у контексті вивчення фізики є достатньо ефективним методом навчання. Цей метод сприяє розвитку дослідницьких умінь і навичок у навчальній діяльності, наближує процес навчання до наукового пошуку. Такий підхід прискорює досягнення високого рівня знань, поглиблює ці знання і створює необхідну мотивацію для пізнавальної діяльності.

Моделювання фізичних процесів, у сенсі необхідних для цього знань, має в своєму складі три важливих компоненти: програмування, математику та фізику. Комп'ютерне моделювання фізичних феноменів у навчальній діяльності потужно формує матеріалістичне мислення та відповідно зменшує вклад містичного.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Навчальна діяльність, що включає комп'ютерне моделювання фізичних процесів специфічна. Тут контрастно проявляються особливості ментальних процесів людини, способи мислення, формування знань. Цьому сприяє висока формалізація знань та одночасно висока структурність в усіх трьох згаданих вище напрямках (інформатика, математика, фізика). Висока контрастність предмету вивчення дає можливість максимально формалізувати сам процес навчання та оптимізувати його. **Актуальним** напрямком покращення методів навчання є дослідження процесу навчання на базисі когнітивної психології, де ментальні пізнавальні процеси притаманні людині, розглядаються на детальному рівні. Цікавою є також ментальна та матеріалізована частини навчальних дій в контексті пізнавальних процесів.

Метою цієї роботи є дослідження особливостей навчальних процесів в напрямках:

- формалізації пізнавальних процесів людини, що вивчає програмування, на прикладах моделювання фізичних процесів;
- розкриття особливостей ментальних та матеріалізованих дій людини в термінах формальної логіки при створенні модельних навчальних об'єктів;
- вивчення закономірностей трансформації структури знань (пізнавальних схем та карт навчальних об'єктів) в процесі навчальних дій;
- покращення методик викладання.

Такий підхід дає можливість деталізувати методичні підходи формування знань, як в області комп'ютерного моделювання фізичних процесів, так і в інших областях знань. Зокрема, в гуманітарних, де структура знань не має такої строгої конструкції, і тому ментальні процеси,

пов'язані з навчанням, хоч і відбуваються стандартною для людини схемою, однак не проявляються контрастно. У цьому сенсі комп'ютерне моделювання виступає у якості полігону для досліджень методик навчання інших галузей знань. Важливим моментом моделювання на комп'ютері фізичних процесів є також і те, що створювані програмні об'єкти, як правило, починають працювати тільки після їх відлагодження. Тобто, після того, як всі взаємодіючі аспекти моделі починають правильно функціонувати та взаємодіяти. Відлагодження моделі породжує велику кількість допоміжних задач. Розв'язування цих взаємозв'язаних задач еволюційно формує причинно-наслідкове та абстрактно-логічне мислення. Ці навчальні дії мають у своєму складі творчий компонент. Ментальні дії на таких засадах є основою для наукового мислення. Вони у значній мірі витісняють містичний, міфологічний, догматичний світогляд і тому мають потужний загальноосвітній сенс. Розгляд особливостей формування та трансформації структури знань на прикладі розв'язування пакету простих завдань, що містять моделювання фізичних процесів, ілюструє важливі для методики навчання концепції когнітивної психології. А саме:

- Ні одна пізнавальна схема людини не є абсолютно новою, кожна є модифікацією або трансформацією попередніх ментальних схем [1].
- Схема усвідомлюється та модифікується маленькими порціями, що корелюють з розміром короткочасної пам'яті, поля уваги [2].
- Розвиток пізнавальних структур відбувається в напрямку їх деталізації [3].

Цікавим у сенсі кореляції позицій методики навчання та концепцій пізнавальної психології є дослідження процесу створення навчальних моделей та їх трансформації на шляху від простої до більш складної. Цікавою є також навчальна діяльність, яка вимагає одночасно ментальних та матеріалізованих практичних дій на створення простих фізичних процесів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розглянемо особливості формування та трансформації структури знань на прикладі розв'язування пакету простих завдань, що містять моделювання фізичних процесів, на мові Java Script (JS).

Специфіка пакету завдань на програмування моделей фізичних процесів

Для ілюстрації розглянемо зв'язки між наступними конкретними завданнями пакету, що реалізують:

1. перенесення тіла у визначене місце екрану;
2. рівномірний прямолінійний рух тіла паралельно краю екрану;
3. рівноприскорений та рівносповільнений прямолінійний рух тіла паралельно краю екрану;
4. відбивання тіла, що рухається паралельно краю екрану, від перешкоди;
5. рух тіла в одновимірному просторі (вверх-вниз) у полі тяжіння та абсолютно пружне відбивання від перешкоди «землі»;
6. рух тіла кинутого під кутом до горизонту: в двовимірному просторі, що має постійну горизонтальну складову швидкості і у вертикальному вимірі рух в полі тяжіння та послідовне відбивання при зіткненні із «землею»;
7. рівномірний прямолінійний рух тіла під довільним кутом до краю екрану;
8. відбивання тіла від нижньої стінки (кут зіткнення довільний);
9. відбивання тіла від верхньої стінки (кут зіткнення довільний);
10. відбивання тіла від лівої стінки (кут зіткнення довільний);
11. відбивання тіла від правої стінки (кут зіткнення довільний);
12. модель руху та зіткнень бильярдної кулі з бортиками столу.

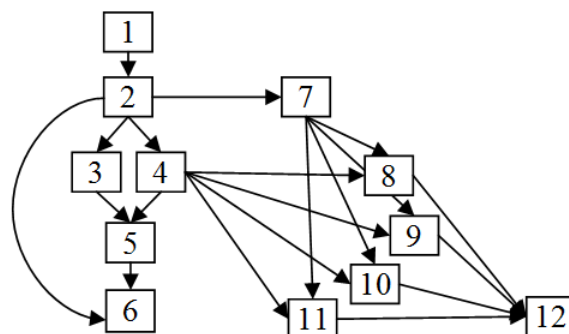


Рис.1. Зв'язки між завданнями на програмування

Всі програми містять екранну імітацію процесу переміщення фізичного тіла в просторі. На рис.1 стрілками показано зв'язки між задачами, а також, відповідно, і послідовність в якій можна реалізувати всю сукупність вище згаданих програм. Зрозуміло, що програми 1 і 2 можна вважати стартовими, а 6, 12 – цільовими (фінішними). Видно, що стартові програми входять в наступні, як складові частини.

Представлені завдання зв'язані між собою. Існує два шляхи їх виконання. У кожному з шляхів неможливо реалізувати наступне завдання не реалізувавши попереднє. У формуванні інших проміжних завдань потреби не виникає. Розмір програмних фрагментів, що необхідно дописувати, при переході від поточної програми до наступної невеликий. Кожен з фрагментів є логічно завершеним, може бути охоплений полем уваги та відповідно усвідомлений цілісно. Важливим у методичному сенсі є перехід від кожного поточного завдання на реалізацію програми до наступного. Це керований перевід уваги в процесі навчання, від поточного навчального блоку до наступного. Цей крок є якісним, адже в результаті учень отримує цілісну логічно завершену порцію інформації, яка модифікує його структуру знань. Порційне сприйняття пов'язано з тим, що здорова людина одночасно може усвідомлювати та утримувати в полі уваги не більше 7 ± 2 нових понятійних одиниць [2]. На думку авторів роботи, такі інформаційні порції повинні відокремлювати кожен поточну навчальну програму від наступної.

Еволюція структури знань в процесі розв'язування пакету завдань на програмування

Перший крок навчання це створення програми 1, а **другий крок** це перехід від програми 1 до програми 2.

Програма 1 переносить тіло в задане положення на екрані. В цій програмі функції RuhTila() та Model() мають спрощений вигляд.

```
function RuhTila(X0, Y0, D, kulja)
{var kolo = document.getElementById(kulja); kolo.style.left=X0; kolo.style.top=Y0}
function Model(){RuhTila(300, 300, 50,'Tilo')};
```

Програма 2 реалізує рівномірний прямолінійний рух паралельно краю екрану та має вигляд:

```
<html>
  <head>
    <title>test</title>
    <style type="text/css">
      #Tilo{position:absolute;width: 50px;height: 50px;background: red;
      -moz-border-radius: 50px;-webkit-border-radius: 50px;border-radius:50px;}
      #rectangle {position:absolute; width: 700px;height: 500px; border: 2px solid grey;}
    </style>
    <script type="text/javascript">
      function RuhTila(X0, Y0, D, kulja)
      {
        var T=0; Vo=50; Ypoch=100;
        kolo = document.getElementById(kulja)
        setInterval(function()
          {
            T=T+0.1; Y=Ypoch + Vo*T
            kolo.style.left=X0; kolo.style.top=Y
          }, 40);
      }
      function Model()
      {
        RuhTila(300, 300, 50,'Tilo')
        rectangle.style.left=50; rectangle.style.top=50;
      };
    </script>
  </head>
  <body onload="Model()">
    <div id="Tilo"></div>
    <div id="rectangle"></div>
  </body>
</html>
```

Ключовий фрагмент стартової програми 1 - функція `RuhTila()` вкладається в один конструкт – логічно завершений фрагмент програми, який можна охопити полем уваги та усвідомити одномоментно. Функції цього фрагменту можуть бути лаконічно вербалізовані. На рис.2.1 зображена структура цього фрагменту. Три кульки розташовані в ряд в основі трикутника, що окреслює конструкт `RuhTila()` відповідні трьом конкретним операторам присвоєння. Компонент конструкта у вершині трикутника будемо називати концептом конструкта. Він цілісно, концептуально описує функцію всього конструкту. У програмі 1 концепт конструкта вербалізується словами «тіло у визначене місце».

Зрозуміло, що концепт завжди має більш узагальнений сенс в порівнянні з конкретизованими компонентами, якими він реалізується. Перехід від концепту до компонентів, що його реалізують здійснюється в результаті дедуктивних дій, а зворотній перехід вимагає індуктивної діяльності. Детальніше про аналітико-дедуктивні та індуктивно-синтетичні дії в полі уваги, що зв'язані циклічно з абстрагуванням, і стосуються обробки інформації в окремому конструкті розглянуто в роботі [4].

Структура програми 2 дещо складніша вона складається з двох конструктів (рис.2.2). Верхній конструкт схожий на попередній. Він доповнений двома операторами. Нижній конструкт реалізується внутрішнім таймер-планувальником `setInterval(function())`, який дозволяє циклічно реалізовувати виклики `kolo.style.left=X0; kolo.style.top=Y0` через рівні проміжки часу. Реалізація цього конструкта приводить до пересування тіла рівномірно паралельно краю екрану.

Виконання кожного наступного завдання приводить до зміни поля уваги. Окреслення поточного поля уваги позначено на рисунках виділеним трикутником. Компоненти програми, що знаходяться у виділеному трикутнику, поточно усвідомлюються суб'єктом навчання і відповідно піддаються обробці. Ця обробка в термінах формальної логіки розглянута нижче на рис.4. На рис.2.1- рис.2.6b показана динаміка зміни структури знань в довготривалій декларативній пам'яті людини в процесі навчальних дій по розв'язуванню пакету завдань 1-6.

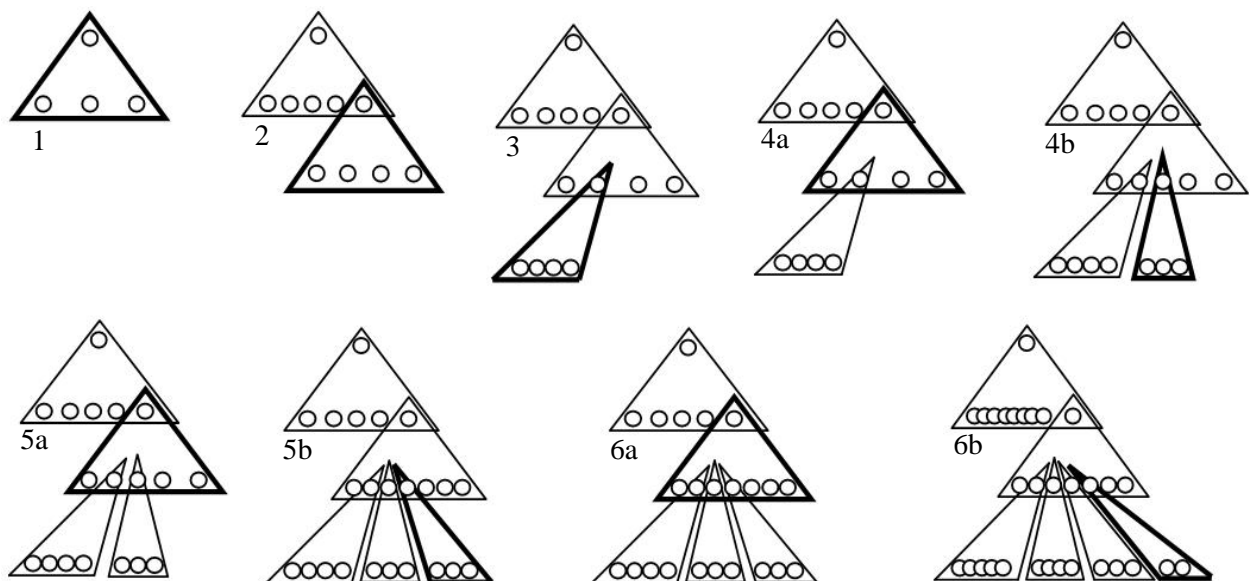


Рис.2. Модифікація структури знань на етапі перша – шоста програми

Третій крок навчання реалізує перехід від програми 2 до програми 3, якщо поставлена мета досягнення фінішної програми 6 (рис.1).

Програма 3 моделює вільне падіння тіла. Це рівноприскорений прямолінійний рух тіла паралельно краю екрану вздовж осі Y.

$$Y = Y_{\text{poch}} - \text{Math.round}(V_0 * T) + \text{Math.round}(9.8 * \text{Math.pow}(T, 2) / 2).$$

Формула обчислення координат тіла при рівноприскореному русі складається з кількох компонентів. Її написання вимагає окремого зосередження уваги. Тому в структурі функції `RuhTila()` вона представляється окремим конструктом (рис.2.3).

Четвертий крок навчання реалізує пружне відбивання кульки, що рухається рівноприскорено в полі тяжіння, далі її рівносповільнений рух.

Програма 4. Однократне повне пружне відбивання кульки реалізується розгалуженням, що розташовано після обчислення Y.

```
if (Y>500-D){Vo=T*9.8; T=0; Ypoch=500-D}
```

(де, D - діаметр кульки; 500 - числове значення, що вказує рівень на якому знаходиться перешкода від якої здійснюється відбивання).

Розгалуження та три оператори присвоєння, що виконуються при виконанні умови, утворюють новий конструкт в уявленнях про рух тіла (function RuhTila()). Ускладнення задачі веде до поступового ускладнення уявлення про алгоритм руху тіла. Пізнавальна схема модифікується від представленого на рис.2.3 до стану рис.2.4b. Однак ця модифікація можлива тільки через проміжний стан представлений на рис.2.4a.

Необхідно відмітити, що на рис.2.2 - рис.2.6 та рис.3.2 - рис.3.12 є пізнавальні одиниці (позначені кружечками), що входять у склад двох конструктів. На стороні верхнього конструкта така пізнавальна одиниця розуміється цілісно, а на стороні нижнього конструкта та сама одиниця, розуміється диференційовано. Саме такими пізнавальними одиницями, що з'єднують верхній і нижній конструкт, відбуваються абстрактно-логічні транзити уваги: вниз – конкретизація, вгору - узагальнення. Зрозуміло, що транзит уваги без втрати логіки думок може відбуватись не тільки між двома сусідніми конструктами, але і між кількома суміжними. Такі транзити уваги детально розглянуті в роботах [4, 5].

П'ятий крок навчання (Програма 6.). Багатократне повне пружне відбивання кульки вимагає, ще одного розгалуження, що забезпечує правильний перерахунок змінних при повороті у верхній точці.

```
if (Y<100){Vo=0; T=0; Ypoch=100}
```

Видно, що на пізнавальній схемі з'являється додатковий конструкт, що відповідає новому розгалуженню (рис.2.5a, рис.2.5b).

Шостий крок навчання полягає в об'єднанні другої та п'ятої програми, що моделюють прямолінійний рівномірний рух та рух в полі тяжіння.

Програма 6. Моделює рух тіла в двомірному просторі, що має постійну горизонтальну швидкість, а у вертикальному напрямі скаче в полі тяжіння (тертя відсутнє). Текст додаткового фрагменту програми представлений нижче.

```
if (Y>500){Vo=T*9.8; T=0; Ypoch=500; Xpoch=X}  
if (Y<100){Vo=0; T=0; Ypoch=100; Xpoch=X}  
Y=Ypoch-Math.round(Vo*T)+Math.round(9.8*Math.pow(T, 2)/2)  
X=Xpoch +Math.round(Vxo*T)
```

Структура пізнавальної схеми, що відповідна цій моделі представлена на рис.2.6a, рис.2.6b.

Розглянемо процес навчання на етапі перша, друга, сьома – дванадцята програми в якому реалізується програмна модель 12 (рис. 1) - моделювання руху та зіткнень кулі на більярдному столі. Ця модель ідеалізована, адже в моделі реалізований рівномірний прямолінійний рух у двомірному просторі, абсолютно пружне відбивання, тертя не враховується. Першою необхідно реалізувати сьому модель відштовхнувшись від другої. Далі порядок в якому реалізуються моделі 8-11 довільний. Засвоєння нового матеріалу складається з 6 нових конструктів.

Пізнавальна схема моделі 7, де реалізується рух тіла під кутом до краю екрану, зображена на рис.3.7. На рис.3.8 пізнавальна схема руху під кутом до краю та відбиття від однієї зі сторін прямокутника перешкод (імітація бортиків більярдного столу). Кожна наступна пізнавальна схема рис.3.9- рис.3.11 додає до ментальної структури, один з бортиків столу, що ще не був реалізований. Кожна нова порція уявлень, що доповнює існуючі уявлення, по-перше, логічно завершена, по-друге, цілісно може бути усвідомлена (на ній одномоментно може бути сконцентрована увага). Кількість конструктів якими представляється об'єкт вивчення з часом може змінюватись. Так в моделі 11 чотири конструкти, що відповідають за відбивання від чотирьох стінок (чотири розгалуження) можуть бути трансформовані в два розгалуження в тексті програмного фрагменту. Пізнавальна схема програми 11, відповідна рис.3.11, трансформується в більш просту схему рис.3.12, що відповідна програмі 12.

Багатократна концентрація уваги на схожих завданнях та їх виконання формує стереотипні візерунки операторів (паттерни). Динаміка формування стереотипних ментальних схем розглянута в роботах [7, 8].

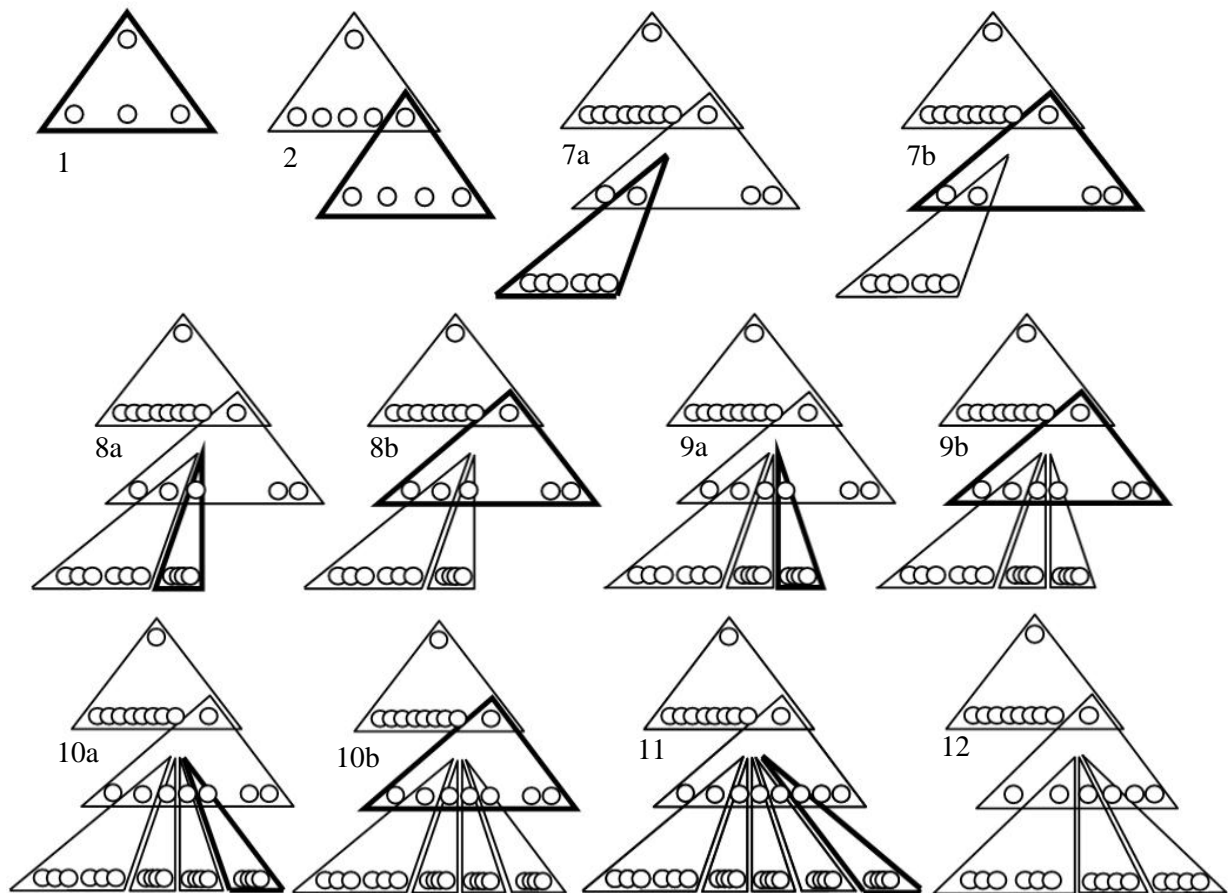


Рис.3. Модифікація структури знань на етапі перша-друга та сьома – одинадцята програми

Текст функції RuhTila() для моделі 12 представлений нижче.

```
function RuhTila(X0, Y0, D, krug)
{
    var T=0; Xp=X0; Yp=Y0;
    Xr1=50; Yr1=50; Xr2=750; Yr2=550;
    var kolo = document.getElementById(krug);
    setInterval(function()
    {
        T=T+5;
        X=Xp+Math.round(Math.cos(J)*T);
        Y=Yp+Math.round(Math.sin(J)*T);
        if ((Yr1>Y)||Y>Yr2-D) { J=-J; Xp=X; Yp=Y; T=D};
        if ((Xr1>X)||X>Xr2-D) { J=3.14-J; Xp=X; Yp=Y; T=D}
        kolo.style.left=X; kolo.style.top=Y
    }, 40);
}
```

Доречно в контексті щойно написаного відмітити наступне. Опис ліній прямокутника, що вказують положення перешкод, здійснюється записом #rectangle {position: absolute; width: 700px; height: 500px; border: 2px solid grey;} в розділі <style type="text/css">. В моделі (function Model()) компонент rectangle реалізується за допомогою записів rectangle.style.left=50; rectangle.style.top=50, що містяться перед викликом функції RuhTila().

Модельний механізм ментальних пізнавальних процесів людини

Для оптимізації навчальних методик, що використовуються для освоєння практичного програмування, важливо деталізувати ментальні пізнавальні процеси людини. Вагомим

моментом для навчання, в цьому контексті, є перенесення поля уваги, локалізація поля уваги, та розмір цього поля. Контроль переміщення поля уваги в процесі пояснення нового матеріалу технологічно важлива для методики викладання тема. Як видно з попереднього, матеріалу мінімальний крок в процесі переміщення уваги є перевід зосередження уваги на суміжний з поточним конструкт через спільний для цих конструктів компонент. Саме такі компоненти забезпечують логічну зв'язність окремих кроків при абстрактно логічних діях.

Розгляд еволюції пізнавальної схеми представленої на рис.2 і рис.3 показує, що зміни відбуваються порціями і кожна з таких змін пов'язана або з появою в цій схемі нового конструкту або з трансформацією існуючого. Тому мінімальним завершеним актом навчання можна вважати появу нового конструкту або зміни в існуючому конструкті.

На рис.4 деталізовано, в термінах формальної логіки, розглянутий феномен появи та трансформації конструкту в процесі виконання четвертого завдання в ході навчальних дій. Подібна модель була розглянута в роботі [4]. Ця робота є розвитком цієї теми. На рис.4 представлена обробка навчальної інформації в полі уваги в термінах формальної логіки по розв'язуванню четвертого завдання. Рис.4 є деталізацією рис.2.4а та рис.2.4б.

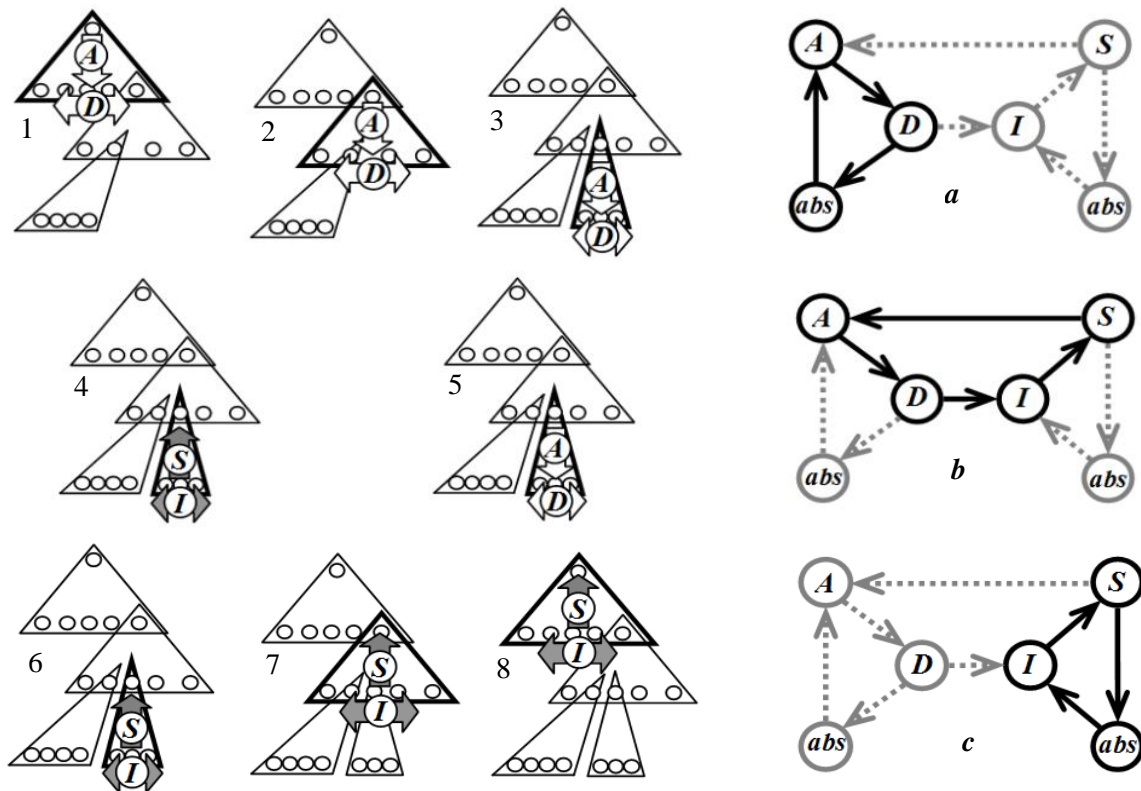


Рис.4. Модельний механізм ментальних пізнавальних процесів людини. Модифікація структури знань на етапі виконання четвертого завдання програми. Представлені навчальні дії в термінах формальної логіки. Позначення на схемі: *A* – аналіз; *D* – дедукція; *I* – індукція; *S* – синтез; *abs* – абстрагування. В схемі циклів формально логічних дій, що позначені буквами *a*, *b*, *c*, чорним кольором позначені домінантні, на поточний момент, цикли, а сірим – другорядні

Розглянемо модельний механізм ментальних пізнавальних процесів людини на прикладі виконання навчального завдання, яке полягає в тому, щоб реалізувати відбивання кульки, що рухається рівноприскорено. Нехай програма рівноприскореного руху є опорною, а виконання завдання починається на початку заняття.

Актуалізація пізнавальної схеми опорної програми полягає в двох кроках аналітико-дедуктивних дій стосовно тексту опорної програми рис.4.1 та рис.4.2. Специфіка кожного з цих кроків однакова та полягає в наступному. Учень аналізує текст опорної програми тобто розчленовує його на логічно завершені частини в контексті своїх уявлень про функції програми (рис.4.1). Він може **вибрати** в тому, що бачить не більше ніж 7 ± 2 програмних компонентів

(програмні блоки, окремі оператори, функції, процедури). Далі дедуктивними діями зв'язує частини в цілісний механізм з'ясовуючи при цьому призначення кожного з компонентів. Це окремий крок в **модифікації** пізнавальної схеми опорної програми або її актуалізації, якщо схема вже в пам'яті учня і він її згадує. Надалі ця модифікована (актуалізована) пізнавальна схема є базисом для наступного аналітико-дедуктивного кроку **дослідження** тексту опорної програми (рис.4.2). На новому кроці знов в результаті **дослідження** тексту програми реалізується **вибір** окремого компоненту, що буде піддаватись аналітико-дедуктивним діям. Відбувається абстрагування від конкретики верхнього конструкту (крім вибраного компоненту). Звільняється місце в полі уваги (в свідомості) для нової групи компонентів (7 ± 2). Вибраний компонент (концепт) піддається новому циклу аналітико-дедуктивних дій рис.4а. Продовжується дослідження і вибір компонентів програми відповідних, щойно обраному концепту. Так реалізується перевід уваги на нижче розташований конструкт. Представлене пояснення повністю вкладається, цикл пізнавальних дій Найссера. Цей цикл включає: дослідження об'єкту, вибір в об'єкті, модифікацію пізнавальної схеми і знов новий цикл дослідження об'єкту та вибір... [5].

Модифікація пізнавальної схеми в результаті генерації нового конструкту. На рис.4.3 представлені аналітико дедуктивні дії які стосуються **генерації** групи логічно зв'язаних нових (ще неіснуючих в опорній програмі) компонентів програми. Якісна відмінність цього кроку від кроків на рис.4.1 та рис.4.2 полягає в тому, що тут відбувається не пригадування існуючих програмних механізмів, а їх утворення. Це якісно інший тип навчальної діяльності. Ця діяльність передбачає матеріалізовані дії з написання нового програмного фрагменту, випробовування його в роботі, підбір нових програмних засобів, якщо випробовування було невдалим. Зрозуміло, що перед початком аналітико-дедуктивних дій тут, як в попередніх випадках відбувається часткове абстрагування від компонентів верхнього конструкту.

Матеріалізовані дії по написанню нового фрагменту програми, або по виправленню вже існуючого в процесі його відлагодження, відбуваються в контексті ментальних дій, в нерозривній з ними єдності. Матеріалізовані дії, як і ментальні, що їх супроводжують, відбуваються стосовно логічно завершених порцій матеріалу – конструктів. Когнітивна (пізнавальна) схема програми формується, як зв'язана сукупність конструктів. Найпростіша схема, що вимагає переводу уваги складається з двох конструктів. Зрозуміло, що в такій схемі матеріалізовані дії супроводжують або перевід уваги схемою «вниз» або «вверх» через спільний вузол двох конструктів - концепт «нижнього» конструкту. З рис.4.1-рис.4.3 видно, що триразово повторюється цикл дій, який в термінах формальної логіки можна зобразити так, як це показано на рис.4а. Це рух пізнавальною схемою «вниз». Окремий компонент верхнього конструкту стає концептом і дає в результаті його аналізу нові компоненти перетворюючись при цьому в новий розташований внизу конструкт. Саме в результаті цих дій відбувається перетворення концепту в ідеї по його реалізації. З поодинокого концепту генерується сукупність операторів або нових більш конкретних концептів, що є реалізацією початкового концепту. Відбуваються матеріалізовані дії по запису щойно згенерованих операторів або алгоритмічних кроків.

Реалізація нового конструкту в вигляді програми передбачає інший тип ментальних дій. Синтез нового фрагменту програми є результатом індуктивних дій (рис.4.4). Безпосередньо після нього матеріалізовані дії на перевірку на дієздатності щойно сформованого фрагменту. Якщо перевірка виявила неправильну роботу фрагменту, то відбувається аналітико-дедуктивний повторний розгляд програмної реалізації без зміни поля уваги рис.4.5. В ході повторних аналітико дедуктивних дій формується нова реалізація узагальненого компоненту. Комплекс ментальних дій зображених на рис.4.4, рис.4.5, що супроводжуються відповідними матеріалізованими діями по виправленню нового програмного фрагменту та по перевірці його дієздатності, можуть повторюватись багатократно. Ці дії циклічні. Вони в термінах формальної логіки зображені на рис.4b. Детально матеріалізовані дії, що супроводжують ментальні в процесі навчання, розглянуті в роботах [6, 7].

Робота стосовно нового фрагменту програми закінчується, якщо після індуктивно-синтетичних дій по написанню і перевірці роботи нового фрагменту програми, перевірка виявила правильну роботу фрагменту.

У багатьох випадках новий щойно написаний фрагмент вимагає змін в тілі програми не тільки на рівні щойно записаного конструкту. Інколи необхідні прив'язки нового фрагменту на вищих рівнях. Тоді індуктивно-синтетичні дії приходиться здійснювати багатократно: рис.4.6,

рис.4.7, рис.4.8. У цьому випадку багатократно спрацює цикл логічних дій, зображений на рис.4с. Інколи цикл обмірковування змін стосується всього тексту програми. Тоді послідовність представлена на рис.4.1- рис.4.8 може повторюватись кількаразово в повному об'ємі.

Дієвість представленої психологічної моделі підтверджена при освоєнні іншого навчального матеріалу але теж ієрархічного типу [8, 9]. Представлений формат механізму ментальних пізнавальних процесів людини достатньо лаконічний. Цей механізм розтлумачує формування структури знань та пересування цією ієрархічною структурою. Знання цього механізму викладачем та врахування його в процесі лекційного розтлумачення аплікаційних програм, або в процесі підтримки учнів на лабораторних заняттях з програмування дозволяє уникнути хаотичності, надлишковості або недостатності навчальних дій вчителя на занятті.

Висновки

Формалізовано пізнавальні процеси людини, що вивчає програмування, на прикладах моделювання фізичних процесів. Використано завдання, які послідовно доповнюються інформацією. Важливим методичним аспектом успішності навчальних дій в напрямку моделювання фізичних процесів є належний підбір завдань при якому забезпечується неперервність змістовних сутностей кожної наступної моделі, що реалізується в процесі навчальних дій. При створенні модельних навчальних об'єктів (моделюванні фізичних процесів) розкрито особливості ментальних та матеріалізованих дій людини в термінах формальної логіки. Важливим методичним аспектом є контроль розміру інформаційних порцій, що впроваджуються при переході від кожної поточної модельної програми до наступної. Бажаним є невеличкий розмір порції програмного коду, який має внутрішню змістовну цілісність та може бути одномоментно охоплений полем уваги. Проведено аналіз трансформації структури знань (пізнавальних схем та карт навчальних об'єктів) у процесі навчальних дій. Ментальні та матеріалізовані дії в цій навчальній практичній діяльності, можуть бути добре керовані, в кожний окремий поточний проміжок часу, якщо ці дії стосуються невеликих, впорядкованих, логічно завершених фрагментів пізнавальної схеми об'єкту вивчення, кожен з яких може одномоментно бути охоплений полем уваги суб'єкта навчання. Важливою загальноосвітньою метою навчальних дій з моделювання є формування абстрактно – логічного причинно – наслідкового способу мислення. Без такого способу мислення практична навчальна діяльність в природничій сфері абсолютно неможлива. Матеріалізовані дії з редагування тексту програми чергуються, в цих умовах, з відповідними аналітичними, синтетичними, дедуктивними та індуктивними ментальними діями. Викладач у ході вивчення комп'ютерного моделювання фізичних процесів має забезпечити формування відповідності між фізичними та математичними концептуальними сутностями та окремими стереотипними візерунками (паттернами) операторів мови програмування, що забезпечують механізми їх функціонування.

1. Холодная М. А. Психология интеллекта: парадоксы исследования / М. А. Холодная. – СПб. : Питер, 2002. – 272 с.
2. Miller George A. The Magical Number Seven, Plus or Minus Two. // The Psychological Review. – 1956, – vol. 63. Issue 2. – P. 81-97.
3. Чуприкова Н.И. Психология умственного развития: Принцип дифференциации / Н. И. Чуприкова. – М. : Столетие, 1997. – 478 с.
4. Головін М.Б. Зміст підготовки висококваліфікованого фахівця з інформаційних комп'ютерних технологій у контексті когнітивних процесів (на прикладі програмування) / М.Б. Головін // Інформаційні технології в освіті. Випуск 2. Херсон, 2008. – С. 66-73. <http://ite.kspu.edu/issue-2/p-66-73>
5. Найссер У. Познание и реальность. Смысл и принципы когнитивной психологии / У. Найссер // М.: Прогрес, 1981. - 225с.
6. Головін М. Б. Практична навчальна діяльність з програмування в контексті теорії про поетапне формування розумових дій та понять/ М. Б. Головін // Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми. - 2008.-Вип.20. -С. 312-317 <http://esnuir.eenu.edu.ua/bitstream/123456789/12915>
7. Головін М. Б. Розумові та матеріалізовані дії, їх вербальне супроводження в контексті практичного навчального програмування / М. Б. Головін // Вісник черкаського університету. - 2008. – Вип. 136 : Педагогічні науки. - С. 7-13 <http://esnuir.eenu.edu.ua/bitstream/123456789/12867>
8. Головін М.Б. Дослідження процесів навчання на основі аналізу моментів статистичних розподілів швидкостей навчальних дій (на матеріалах вивчення інформатики) / М.Б. Головін // Психологічні перспективи. – Луцьк, 2011.– Випуск 18. – С. 62 - 72. <http://esnuir.eenu.edu.ua/bitstream/123456789/1743>
9. Головін, М. Б. Формування знань з інформатики в процесі конструювання ієрархічних схем та статистичний аналіз цих навчальних дій / М. Б. Головін // Науковий часопис Нац. пед. ун-т ім. М.П. Драгоманова - Київ : Вид-во НПУ., 2015. - Серія 2 : Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання, Вип. 16 (23). - С. 20-26 <http://esnuir.eenu.edu.ua/bitstream/123456789/8735>