

Семеріков С.О.
доктор педагогічних наук, професор
Теплицький І.О.
кандидат педагогічних наук, доцент
Криворізький державний педагогічний університет

Роль, місце та зміст комп'ютерного моделювання в системі шкільної освіти

Сьогодні вже не потребує доведення той очевидний факт, що *підвищення результативності вивчення всіх без винятку шкільних навчальних дисциплін вбачається у систематичному застосуванні засобів ІКТ*. Питання комп'ютеризації шкільної освіти, розробка відповідних педагогічних програмних засобів є предметом постійної уваги багатьох дослідників. Зокрема, в Україні над цими питаннями працюють М.І. Жалдак [1-3], Ю.І. Машбиць [4-6], Ю.С. Рамський [7-8], А.В. Пеньков [10-11], Ю.В. Горошко [10; 12], Т.Г. Крамаренко [13], С.А. Раков [14-16], Ю.В. Триус [21], та багато ін. Досвід запровадження ІКТ в освітній діяльності переконливо свідчить про їх ефективність у розвитку неформалізованих, творчих компонентів мислення, починаючи від постановки задачі і до її розв'язання: самостійному виробленню критеріїв добору необхідних дій, що приводять до розв'язання проблеми, формулюванню гіпотез в процесі пошуку ідеї розв'язку, що фактично є реалізацією проблемного підходу у навчанні [1; 11; 12; 23-25]. Це у значній мірі є практичним втіленням у освітню діяльність тих надій і сподівань, що в середині 80-х років поклалися на новий тоді навчальний курс «Основи інформатики та обчислювальної техніки».

Саме тоді майже одночасно з'являються роботи А.П. Єршова [26-28], В.М. Монахова [29; 30], В.Г. Разумовського [31], Т.В. Малкової [29], Н.Ф. Тализіної [32; 33], Ю.І. Машбиць [4-6], Н.Л. Буланової та ін. [34], в яких на основі теоретичного узагальнення зарубіжного й вітчизняного досвіду експериментального навчання інформатики автори розкривають соціальні, психолого-педагогічні та дидактичні аспекти використання комп'ютера в навчальній діяльності.

В плані історичної ретроспективи особливий інтерес у рамках даної статті являють роботи [5; 31; 34]. Тому зупинимося на них дещо докладніше.

Напередодні прийняття програми комп'ютеризації шкільної освіти В.Г. Разумовський висловив свої міркування стосовно педагогічних можливостей використання засобів ЕОТ, у яких сформулював ряд важливих методичних рекомендацій щодо практичного застосування комп'ютерів у навчально-виховному процесі [31, 12-16].

Автор застерігає від можливого формалізму в знаннях учнів у зв'язку з небезпекою звести комп'ютерну грамотність до знання алгоритмів, до програмування й використання комп'ютерів для розв'язування задач інформатики; він підкреслює необхідність орієнтації на вивчення великих можливостей використання ЕОМ у розв'язуванні практичних питань: «Важливо, щоб учні могли мислено уявити весь логічний ланцюг *творчого процесу застосування ЕОМ на практиці*: явище → його математична модель → алгоритм → програма мовою ЕОМ → розв'язування задачі з допомогою ЕОМ → інтерпретація результату → область його застосування на практиці». Тобто висувається проблема вивільнення й розвитку творчого потенціалу самих учнів у процесі моделювання, вибору алгоритму та розробки програми для ЕОМ.

Формуючи раціональне алгоритмічне мислення школярів, необхідно піклуватися про те, щоб надмірна алгоритмізація учбової діяльності на основі готових вказівок не стала гальмом для розвитку творчих здібностей, пов'язаних з інтуїцією, здогадкою і пошуком скорочених шляхів розв'язування задачі на основі «нераціональних» способів мислення.

Принципово важливими є зауваження В.Г. Розумовського про те, що «з введенням комп'ютерів у навчальний процес зростають можливості багатьох методів наукового пізнання, особливо методу моделювання, який дозволяє різко підвищити інтенсивність навчання. Адже при моделюванні виокремлюється сама сутність явищ і стає ясною їх спільність, тобто відбувається розвиток науково-теоретичного мислення. Однак захоплення використанням готових моделей погрожує передчасним розривом зв'язку *виучуваного явища з дійсністю*. Це трапляється нерідко, коли учням пропонують працювати з готовими моделями, не розкриваючи процесу їх створення. Оскільки об'єктами вивчення, як і раніше, повинні залишатися реальні явища, то підміна їх абстрактними поняттями й символами при недостатній базі спостережень і досвіду нерідко веде до згубного формалізму, коли за удаваними знаннями відсутня їх сутність» [31].

Окремо В.Г. Розумовським пропонується один із напрямів вирішення проблеми широкого впровадження засобів ЕОТ у різні навчальні предмети: «При вивченні фізики, хімії, біології, в трудовому навчанні комп'ютери можуть використовуватися у поєднанні з приладами й автоматично, миттєво опрацьовувати результати вимірювань і у графічній формі відображувати виучувану функціональну залежність». Іншими словами, для ефективної реалізації дидактичного потенціалу комп'ютера необхідна розробка відповідного інтерфейсу: датчиків для реєстрації та вимірювання певних фізичних величин, а також перетворювачів аналогових сигналів на дискретні і навпаки для сполучення комп'ютера з підключеним до нього обладнанням. Це, на думку вченого, дозволить учневі сформулювати гіпотезу про досліджувану закономірність і підтвердити або спростувати її на основі спостережуваних результатів. У такий спосіб процес повідомлення готових знань та їх

дослідна перевірка замінюються експериментально-дослідницькою діяльністю, що забезпечує учневі можливість самостійного відкриття.

Одним із перших вітчизняних авторів, котрий розглянув психолого-педагогічні аспекти комп'ютерного навчання, є Ю.І. Машбиць. В роботах [4; 5], що вийшли відповідно у 1985 та 1986 рр., автор, характеризує дидактичні можливості використання комп'ютерних технологій навчання, зазначає, що ніколи ще вчитель не одержував такого потужного засобу навчання, яким є комп'ютер. «Жоден технічний засіб, що використовувався досі, за своїми дидактичними характеристиками не може з ним зрівнятися. Ці можливості ще не розкриті до кінця, але й те, що вже відомо, вселяє великі надії» [5, 11]. Серед найбільш плідних застосувань комп'ютера у навчанні Ю.І. Машбиць виокремлює такі:

- використання його як засобу управління навчальною діяльністю;
- забезпечення індивідуального навчання «у масовому порядку»;
- великі можливості в реалізації проблемного навчання;
- формування творчого мислення школярів, готовності їх до творчої праці в умовах науково-технічного прогресу та інформатизації суспільства.

Стосовно розвитку творчих здібностей засобами комп'ютерних технологій навчання автор пише: «У ряді публікацій в якості одного з аргументів, що доводять розвиваючий характер навчання основ інформатики та обчислювальної техніки, говорить, що воно сприяє формуванню алгоритмічного мислення. У читача, знайомого з психологічною літературою, це може викликати здивування: у психологічних роботах підкреслюється, що *алгоритмічне мислення являє собою рутинний компонент мислительного процесу і його розвиваючий ефект дуже незначний*. Слід мати на увазі, що у даному випадку йдеться не про мислення за алгоритмом, а про мислительний процес, спрямований на складання алгоритму розв'язування деякої задачі. *Це творчий процес, що передбачає евристичний пошук, сміливий здогад, інтуїцію – усе те, що у найбільшій мірі характеризує творчі витоки мислительного акту. Саме ці компоненти мислення слід формувати в учнів*» [5, 25].

Але для того, щоб ефективно застосувати комп'ютер у навчальному процесі, необхідно було розв'язати багато проблем і, у першу чергу – психолого-педагогічних. «Чимало традиційних питань педагогічної психології та дидактики потребують додаткових досліджень, спрямованих на опанування як учителями, так і учнями елементів (складників) інформаційної культури» [5, 14]. Згодом окреслені проблеми були ґрунтовно розроблені автором у роботі [6].

У роботі Н.Л. Буланової та ін. [34] зазначалося: «Введення нового навчального курсу «Основи інформатики та обчислювальної техніки» є першим етапом комп'ютеризації шкільної освіти, і ні в якій мірі не повинне обмежуватися оволодінням учнями новою діяльністю – алгоритмізацією та програмуванням на ЕОМ. ... У міру оснащення шкіл обчислювальною технікою та програмним забезпеченням, а також перепідготовки вчителів усіх без винятку спеціальностей, ми пропонуємо *планомірно й обґрунтовано перебудувати традиційні шкільні курси на основі поширення теоретичних і прикладних аспектів математичного моделювання з використанням засобів ОТ*. Це дозволить подолати роз'єднаність окремих предметів як природничого, так і гуманітарного циклів, сприяти розвитку й удосконаленню творчого, науково-теоретичного світогляду школярів» [34, 3; 34, 8].

Значну роль у впровадженні нових інформаційних технологій в освітню діяльність відіграв спільний проект Держосвіти СРСР та фірми ІВМ «Пілотні школи» (1991 р.), що розгорнувся у всіх регіонах країни. Він прискорив зміну парадигми використання в освітній діяльності ПЕОМ. Якщо на перших етапах інформатизації працювала парадигма: «Бажаєш використовувати комп'ютер – оволодай мовою програмування» і звідси теза: «Програмування – друга грамотність», то на початку 90-х у всьому світі ситуація докорінно змінилася, а саме: «Бажаєш досягти успіхів у професійній діяльності – використовуй інформаційні технології!». Науковий керівник проекту Б.Г. Кисельов писав: «...у плані розв'язування задач зміст курсу (*інформатики*) повинен бути орієнтованим на моделювання у широкому смислі. Таку можливість я ставлю на перше місце, тому що саме це дозволяє використати комп'ютер як принципово новий інструмент пізнання дитиною оточуючого світу. Фактично у школяра вперше з'являється реальна можливість відповісти на питання: а що буде, якщо...? ... комп'ютер дозволить йому зазирнути у минуле і з цього минулого моделювати сучасне і майбутнє» [35, 20].

За час, що пройшов від тієї пори, актуальність сформульованих проблем не лише не зменшилася, а, навпаки, зросла. А той факт, що ці проблеми й понині залишаються невирішеними, свідчить не стільки про занадто повільні темпи, скільки про їхню об'єктивну складність.

І обчислювальна техніка, і програми – це лише засоби для моделювання. А тому *міркування про те, що моделювання – це справа конкретних наук і предметів або взагалі якоїсь особливої науки про моделювання, принижують інформатику до рівня вивчення своїх власних засобів із неусвідомленою загальною метою або до чисто знаряддєвого використання комп'ютера* (редагування текстів, малювання, музичення, креслення тощо). З цього приводу у [25] автор зауважує, що «... досить часто використання комп'ютера у навчанні інформатики реалізується виключно як практика програмування і (або) вивчення прийомів роботи з окремими прикладними пакетами, тобто комп'ютер переважно використовується в якості інструмента для нагромадження фрагментарного знання й навчання окремих умінь на рівні початкуючого користувача (формування навичок натискування на кнопки). Така орієнтація майже повністю виключає можливість перенесення учнями отриманих знань і вмінь на інші сфери діяльності. За цих обставин учні одержують простий набір

відомостей з інформатики, тоді, як вона повинна формувати філософію цієї науки, тобто її системну проекцію на широке коло практичних задач. Адже насправді шкільна інформатика – це нова грань дійсності, новий погляд на світ, інший спосіб мислити, нові інтелектуальні засоби, невідомі до цього можливості прийняття оптимальних рішень».

Активне впровадження ЕОМ у практику прикладних досліджень, розвиток методів обчислювального експерименту повинні супроводжуватися прогресом у розумінні його ролі й місця. Нова методологія не народжується одразу, вона формується в ході еволюції наукового пізнання. Одна з вирішальних умов для успіху в цій важливій справі – підготовка наукових кадрів, які б оволоділи новою методологією і були б готові розвивати її [36, 62].

В навчальній діяльності, пов'язаній з опануванням школярами методології комп'ютерного моделювання, розкривається гуманітарний потенціал інформатики як науки, що інтегрує знання з різних предметних галузей і тим самим формує науково-теоретичний світогляд. Оволодіння філософським змістом таких універсальних понять, якими є поняття моделі й моделювання, суттєво впливає на рівень інформаційної культури старшокласників.

Питанням змісту інформаційної культури приділено значну увагу у працях багатьох авторів (А.П. Єршов [37], М.М. Моїсєєв [38], Ю.М. Канигін, Г.І. Калитич [39], М.І. Жалдак [40] та ін.). Зокрема, М.І. Жалдак зазначає: «Одним із найважливіших компонентів культури взагалі, що характеризує матеріальний і духовний рівень розвитку суспільства, сьогодні стає інформаційна культура. Інформаційну культуру слід розглядати як досягнутий рівень організації інформаційних процесів, ступінь задоволення людей в інформаційному спілкуванні, рівень ефективності створення, збирання, збереження, опрацювання, передавання, подання й використання різноманітних повідомлень і даних, що забезпечує цілісне бачення світу, передбачення наслідків прийнятих рішень» [40, 2].

Зазначимо найважливіші, на думку вченого, складові основ інформаційної культури.

1. Володіння основами алгоритмізації, а саме: принципами побудови алгоритмів (метод покрової деталізації «зверху вниз»); основними базовими структурами алгоритмів. Зазначені поняття мають загальнонауковий характер і у тій чи іншій мірі розглядаються й застосовуються при вивченні основ усіх предметів. При цьому *необхідним є доцільне поєднання алгоритмічної та евристичної, творчої спрямованості навчання*, врахування важливості як образної складової мислення, що не алгоритмізується (синтезу), так і алгоритмічної складової (аналізу) [40].

2. Уміння обирати й формулювати цілі, здійснювати постановку задач, будувати інформаційні моделі досліджуваних процесів і явищ, аналізувати інформаційні моделі за допомогою автоматизованих інформаційних систем й інтерпретувати одержані результати; передбачати наслідки прийнятих рішень і робити відповідні висновки; використовувати для аналізу досліджуваних процесів і явищ сучасні інформаційні технології (бази даних, бази знань, системи штучного інтелекту, зокрема, експертні системи, інформаційні мережі та інші засоби збирання, зберігання, опрацювання, передавання, відображення повідомлень і даних) [40, 27]. При цьому важливими є уміння впорядкування, систематизації, структурування даних і знань, розуміння сутності інформаційного моделювання, способів подання даних і знань. Необхідне також розуміння того, що для розв'язування далеко не всіх задач потрібні автоматизовані інформаційні системи [42, 52].

3. Здатність людини, котра володіє необхідним інструментарієм, передбачати наслідки власних дій, уміння підкорити власні інтереси тим нормам поведінки, яких необхідно дотримуватися в інтересах суспільства, свідоме прийняття всіх тих норм і заборон, що будуть вироблятися «колективним інтелектом» [38, 251-282].

Розглянуті компоненти мають загальноосвітнє й загальнокультурне значення, являють собою мінімальний обов'язковий обсяг компетентностей у галузі інформаційних технологій. Їх формування повинне здійснюватися через врахування індивідуальних інтересів, запитів учнів та рівня їх розвитку [40, 26-29].

Розв'язування інтелектуальної задачі, що вимагає творчого підходу, часто відбувається на спонтанному й несвідомому (інтуїтивному) рівні. Та обставина, що інтуїтивне мислення, яке є важливим компонентом творчого процесу, зумовлюється не тільки ситуацією, коли не вистачає знань, приводить до висновку про можливість розвитку його в учнів у навчальному процесі. Цей факт знаходить своє відображення у змістовому наповненні навчального посібника при аналізі ситуацій, пов'язаних із необхідністю прийняття рішень в умовах недостатності знань.

В онтогенезі існують оптимальні сензитивні вікові періоди формування й розвитку творчих здібностей, що обумовлює необхідність врахування вікових особливостей учнів у організації навчально-виховної діяльності. На основі вікової періодизації структурних зрушень інтелекту встановлено, що всі необхідні психологічні передумови для здійснення цілеспрямованої навчально-педагогічної роботи з метою розвитку творчих здібностей учнів засобами комп'ютерного моделювання виникають у старшому шкільному віці.

Цілеспрямована педагогічна діяльність з метою виявлення й розвитку творчих здібностей має ґрунтуватися на формуванні мотиваційної сфери, яка в цілому детермінує навчальну поведінку. Зміст навчання має бути глибоко мотивованим головним чином тим, що він спрямовується на розв'язування складних проблем науково-теоретичного пізнання об'єктів навколишнього світу, на засвоєння методів такого пізнання.

Обговорюючи цілі навчання інформатики, О.І. Бочкін зазначає, що сукупність цілей практичної освіти служить формуванню комп'ютерної грамотності; цілі загальної освіти і розумового розвитку пов'язані з комп'ютерною освіченістю, а цілі виховання служать формуванню інформаційної культури. При цьому автор зауважує, що між досягнутим рівнем освоєння роботи на ЕОМ, грамотністю, освіченістю й культурою все ж немає однозначних зв'язків. «Так, користувач, який не вміє програмувати, може бути дуже ерудованим, а фанатичний програміст – не знати нічого, окрім, скажімо, улюбленого СІ. З цієї точки зору творець вірусів, скоріш за все, грамотний, можливо, навіть освічений, але культури, розуміється, у нього немає й у спомині» [43, 29].

Провідні зарубіжні й вітчизняні спеціалісти з математичного моделювання Дж. Ендрюс, Р. Мак-Лоун [44], Х. Гулд, Я. Тобочник [45], О.А. Самарський, А.П. Михайлов [46; 47], А.Ф. Верлань [48], В.К. Белошапка, О.С. Лесневський [49], В.Б. Хозієв, Н.Л. Буланова [34] та ін. зазначають, що існуючі підходи до визначення цілей навчання інформатики (розробка й створення алгоритмів, програмування однією або кількома мовами, вміння використовувати готове прикладне програмне забезпечення) не здійснюють у необхідній мірі підготовку молоді до життя в інформаційному суспільстві. З цього ж приводу О.А. Самарський зауважує: «Ані знання будови ЕОМ, ані вміння програмувати, ані мільйони комп'ютерів не приведуть до підвищення продуктивності праці в нашому суспільстві, якщо вони не будуть розумно використовуватись, якщо не буде змістовних задач і сучасних математичних моделей» [46, 12]. Те саме стверджує А.О. Матюшкін-Герке: «Найвища техніка програмування і блискуче володіння спектром найновіших засобів опрацювання даних, чудове знання архітектури комп'ютера виявляться у кращому випадку (!) марними, якщо ці знання, вміння та навички не знайдуть собі правильної точки прикладання» [50, 10]. Саме на розв'язання цієї проблеми орієнтований наш курс комп'ютерного моделювання.

Маючи на меті запропонувати методологічну та світоглядну основу для розуміння учнями сутності моделювання, підкреслити його виключне значення в інформатиці, її, по суті, кінцеву мету, О.І. Бочкін [43, 338-339] пропонує звернути увагу на такий факт: «У всі часи людина розумна, пізнаючи світ, відображала у своєму мисленні об'єкти реальності у вигляді ідеальних, мислених моделей і діяла, виходячи з очікуваної поведінки їх прототипів (йдеться про етап первісного відображення світу в свідомості людини). З появою комп'ютера ситуація радикально змінилася.

Чи є моделювання частиною інформатики, чи потрібно ним займатися саме в інформатиці? Такі і подібні до них питання стають ще подекуди предметом обговорення. Разом з тим є підстави вважати, що ці питання сьогодні є вирішеними, оскільки *моделювання являє собою практичний аспект інформатики*, про що вже йшлося вище. З педагогічної ж точки зору не важливо, де моделювати, але саме через моделювання формується системно-комбінаторне мислення й уміння розв'язувати реальні задачі. До того ж моделювання формує світогляд, наукову картину світу не тільки учня, а й вчителя.

Стосовно вивчення школярами основ комп'ютерного моделювання відповідні заходи можуть бути реалізовані як шляхом введення додаткових спецкурсів із застосування комп'ютерного моделювання при вивченні деяких навчальних предметів, так і окремим факультативним курсом на основі інтегрування широкого спектру навчальних задач із різних предметних галузей. На початковому (шкільному) етапі освіти перевагу, на нашу думку, слід віддати другому напрямку, оскільки він відкриває можливості для формування загальнонаукових уявлень про теоретичні та прикладні аспекти такого ефективного дослідницького методу, яким є моделювання. Тим більше, що й у проєкті державного стандарту освіти з інформатики [2; 3] передбачено ознайомлення учнів з інформаційним і математичним моделюванням. Перший шлях, як доводить досвід, виявляється більш придатним на етапі фахової підготовки і спеціалізації майбутнього дослідника.

Аналіз вітчизняного й зарубіжного досвіду з питань поглибленого вивчення в школі основ комп'ютерного моделювання доводить, що на початку 90-х рр. загальноприйнятого погляду на роль, місце та зміст цього розділу в шкільному курсі інформатики не було вироблено. Так, принаймні в Україні, не існувало цілісного навчально-методичного комплексу з вивчення методологічних основ та технології комп'ютерного моделювання. Практично всі матеріали з цієї проблеми являли собою здебільшого або окремі розрізнені публікації, або ж глибоко спеціалізовані посібники з окремих галузей наук.

У зазначений період у багатьох школах, що мали відповідну технічну базу, було організовано вивчення інформатики учнями молодшого віку. Як показав С.М. Малярчук [24], цілком виправданою тут виявилася певна пропедевтична робота з формування основних уявлень про моделі (зрозуміло, на донауковому рівні). Така робота могла набути особливого значення, якби надалі планувалося поглиблене вивчення основ комп'ютерного моделювання зі старшокласниками.

У поглядах на розміщення матеріалу, пов'язаного з моделюванням, автори більшості тогочасних підручників інформатики дотримувалися переважно двох підходів:

1. Задачі на моделювання мали супроводжувати весь курс інформатики. Вони вводилися поступово, в міру засвоєння учнями алгоритмічних і програмних засобів. Таким був підхід, реалізований в [51; 52].

2. Матеріал, пов'язаний з моделюванням, мав вивчатися в одному окремому розділі. За такою структурою були побудовані підручники [53; 54].

Пропонована нами методична система вивчення комп'ютерного моделювання має на меті розкрити зміст усієї шкільної освіти через введення понять «модель» і «моделювання», що склалися як у конкретних науках, так і в методології науки взагалі. Поняття «модель» розглядається в кількох аспектах:

- як *центральне поняття теорії пізнання*;
- як *спосіб відображення наукою пізнаваної дійсності*;
- як *конкретний засіб людської діяльності*, що дозволяє абстрагуватися від несуттєвого у прототипі (об'єкті, що досліджується);
- як *об'єкт вивчення*.

Визначення змісту й методів навчання комп'ютерного моделювання ґрунтується на психологічній концепції поетапного формування розумової діяльності [55-58], концепції періодизації психічного розвитку [59-62], концепції учбової діяльності школярів шляхом формування орієнтувальної основи дій [63], концепції наслідування зразків творчої діяльності в контексті розвитку творчих здібностей [64], концепції проблемного навчання [65; 66]. Основні положення перелічених концепцій такі.

Теоретична складова навчального курсу спирається на певний практичний досвід навчальної діяльності і передбачає просування від абстрактного до конкретного. Така побудова уможливіє формування в учнів теоретичного мислення й оволодіння матеріалом на рівні змістовного теоретичного узагальнення. При цьому через зміст курсу визначаються методи та способи організації навчального процесу.

Організація навчальної діяльності, в межах якої відбувається засвоєння учнями знань та людського досвіду, спирається на такі принципи:

- знання як результат розумової діяльності є вторинною і похідною формою від розгорнутих зовнішньо-предметних форм діяльності;
- навчання починається з пізнавального протиріччя між проблемною ситуацією та наявними у школяра знаннями, засобами та способами її розв'язування;
- протягом усього навчання зберігається творчий спосіб взаємодії вчителя й учня шляхом використання різноманітних форм активного навчання, психологічно обґрунтованого чергування індивідуальних та колективних форм навчального впливу;
- засвоєння знань та оволодіння новою діяльністю здійснюється учнями в ході розв'язування творчих навчальних задач з використанням відповідних навчальних засобів;
- ефективність засвоєння забезпечується цілеспрямованим формуванням повної орієнтації учнів у засвоєній діяльності;
- для розвитку творчих здібностей учні одержують необхідні зразки активності, засвоєння яких шляхом наслідування виводить учнів на рівень самостійної творчості.

Важлива особливість інформатики полягає в тому, що ця дисципліна не конфліктує із жодним іншим навчальним предметом, як і взагалі із жодною сучасною сферою людської діяльності. Навпаки, на основу методу комп'ютерного моделювання можна природним шляхом здійснювати міжпредметну інтеграцію, проникати в широкий спектр задач найрізноманітнішого змісту. Дослідження цього аспекту навчально-виховного процесу свідчить, що міжпредметні зв'язки усувають протиріччя, які об'єктивно існують при багатопредметній системі навчання, між розрізненими знаннями в окремих предметах, синтезують ці знання, сприяють комплексному застосуванню їх на практиці.

Вище вже зазначалося, що надзвичайна узагальненість поняття моделі, його тісний зв'язок із властивістю відображення в природі призводять до того, що досить точне означення моделі не може бути простим і повинне включати ряд загальних категорій. Отже, навряд чи варто намагатися дати точне означення моделі. Найбільш доступними для школярів можуть бути такі:

Модель – це мислено уявлювана або матеріально реалізована система, яка, відображаючи або відтворюючи об'єкт дослідження так, що вивчення моделі дає нові знання про цей об'єкт [67].

І як доповнення:

Під моделлю розуміють систему, що не відрізняється від досліджуваного об'єкта відносно деяких його властивостей, які вважаються суттєвими, і відрізняється за всіма рештою властивостей, що вважаються несуттєвими [68, 24].

Адаптація таких глибоких означень до рівня школярів при відсутності в них попереднього досвіду роботи з моделями становить непросту проблему, оскільки і об'єкт дослідження, і його модель розглядаються як системи. У свою чергу поняття системи передбачає наявність елементів – її складників; наявність зв'язків між ними; цілісність системи (вилучення елемента неможливе без втрат властивостей цілого); наявність властивостей (і у об'єкта, і у моделі), що проявляються як через відношення між елементами моделі, так і через відношення із зовнішніми об'єктами. Тому взагалі не варто намагатися дати точне означення поняття моделі.

Фактично на момент початкового ознайомлення з моделюванням в учнів існують такі передумови:

- дитячий досвід ігрового моделювання (віддаленість моделі від реальності заповнювалася уявою);
- досвід моделювання за допомогою конструкторських наборів (з'являються окремі

елементи – складники системи – і відношення між ними);

- досвід комп'ютерних ігор або перегляду телепередач (моделювання виконується досить точно і докладно);
- практика роботи з готовими комп'ютерними моделями з екології («Аральське море», «Наша річка»), астрономії («Сонячна система»), фізичної географії («Клімат») і т.п.

Усе це може використовуватись як опора для формування понять «система», «елементи», «відношення», наповнення їх конкретним змістом.

Отже, на початковому етапі практика повинна випереджати теорію аби забезпечити необхідний чуттєвий досвід: спочатку учень працює з простими моделями (досліджує готові, створює і досліджує власні), далі обмірковує і при допомозі вчителя усвідомлює суть своєї діяльності як моделювання, і лише після цього як підсумок обговорюється зміст понять. До речі, за таким принципом побудовано посібники [45] і [69], призначені для фахівців відповідних галузей знань. Проте самі слова-терміни можуть використовуватись досить рано і поступово наповнюватися змістом у мові вчителя й учнів в різному контексті так само, як слова «речовина», «енергія», «знак» тощо.

Комп'ютерне моделювання неминуче ставить перед дослідником питання про вибір середовища для моделювання, адекватного досліджуваній проблемі. У випадку наукових досліджень, що проводяться в певній предметній галузі, сьогодні намагаються працювати у спеціалізованих середовищах, для яких характерним є певний рівень універсальності. Схожі тенденції спостерігаються й у шкільному навчальному моделюванні. З цього приводу Х. Меллар, спеціаліст у галузі використання моделювання у навчанні (Великобританія) стверджує, що «...вже до приходу в школу діти конструюють свої власні моделі, якщо не з допомогою ЕОМ, то в свідомості, на папері або за допомогою інших матеріалів. Комп'ютерне чисельне моделювання також може бути використане дітьми для вираження своїх власних ідей, які таким чином стають доступними для дослідження іншим. Однак, замість того, щоб почати з тих аспектів моделювання, що знайомі учням, навчальні плани спонукають вчителів до подання дітям готових комп'ютерних моделей, створених дорослими... Після цього учням дуже складно провести паралелі між своїми власними ідеями і готовими моделями, в результаті чого втрачаються можливості навчання дітей виражати свої ідеї чисельно з допомогою комп'ютера» [70, 116].

Широкого визнання серед педагогів і психологів із 60-х рр. одержала оригінальна концепція дитячої освіти, створена видатним американським педагогом С. Пейпертом (1963 р.) і реалізована у вигляді комп'ютерного середовища Лого [71]. Лого-система є практичним втіленням ідеї Ж. Піаже про учіння без навчання. Сам автор так характеризує основні ідеї своєї концепції: «Я розглядаю Лого як деяке перехрестя: це місце зустрічі між вивченням дітьми власне комп'ютерної науки й техніки і пошуком більш плідних особистісних підходів до самостійного індивідуального учіння за допомогою розробки проектів та проведення відкритих досліджень» [72, 6]. Докладний аналіз використання можливостей середовища Лого для формування інформаційної культури учнів 6–7-х класів подано у [24].

Як доводить проведена авторами тривала експериментальна робота, при навчанні моделювання доцільно не обмежуватись якимось одним середовищем – раціональним є перехід від одного середовища до іншого у міру опанування школярами знань з інформатики [2]. Традиційно таке питання вирішується на користь мов програмування високого рівня. Однак такий підхід, з одного боку, ставить вивчення систематичного курсу моделювання у часову залежність від попереднього (або ж одночасного) вивчення програмування, а з другого – 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 утруднення показав, що на початковому етапі цілком достатньо, щоб середовище для моделювання задовольняло таким вимогам: 1) результати дослідження мають виводитись на екран у вигляді таблиць із довільною кількістю доступних для перегляду рядків і 2) користувач повинен мати змогу за цими результатами швидко і просто одержувати графіки залежностей між характеристиками досліджуваного об'єкта.

Ці вимоги у достатній мірі задовольняються електронними таблицями, де забезпечується: 1) багатосторінкова екранна пам'ять; 2) прості засоби подання табличних даних графічно з автоматичним або ручним масштабуванням; 3) широко розвинений набір функцій, в тому числі й необхідних для розв'язування задач оптимізації; 4) мова електронних таблиць, з одного боку, відображає програмний принцип роботи комп'ютера, але з іншого – є найбільш природною з усіх штучних. Ось чому на початку вивчення систематичного курсу навчального комп'ютерного моделювання ми зупинили свій вибір саме на електронних таблицях. На цей час учні вже мають початкові уявлення про призначення та характеристики деяких пакетів прикладних програм і володіють основними прийомами опрацювання даних за їх допомогою. Ті знання й уміння, що стосуються електронних таблиць, слід додати до зазначених вище стартових передумов.

Але при всій простоті та наочності електронні таблиці є ефективними для досить обмеженого кола порівняно простих і спеціально дібраних задач. Так, вже при спробах розв'язування задач, що передбачають організацію циклів із великою кількістю повторень, звичайне копіювання формул у відповідні клітини або рядки з метою утримання даних для подальшої побудови графіків (тобто організація великих масивів даних, які в електронних таблицях доповнюються масивами формул) викликає значні утруднення, позбавляючи користувача змоги простежити динаміку зміни значень будь-якої величини переглядом відповідного стовпця. Організація циклу в межах однієї клітинки

таблиці є принципово недоцільною. Нарешті, електронні таблиці стають зовсім непридатними для задач, де вимагається засоби візуального спостереження динаміки процесу. Такі задачі традиційно розв'язують з використанням середовищ, створених на основі мов програмування високого рівня. Одним із критеріїв необхідності відмови від таблиць є ситуація, коли внаслідок непомірного зростання кількості рядків сама таблиця перестає використовуватися для аналізу даних, користувачеві залишається лише можливість їх графічної інтерпретації. Отже, *електронні таблиці ми розглядаємо як тимчасове середовище, що дає можливість почати вивчення основ комп'ютерного моделювання раніше, ніж вивчення програмування.*

Розмаїття змісту реальних задач та об'єктів, з одного боку, і способів їх моделювання, з іншого, актуалізує питання про класифікацію. Більш-менш повна класифікація різних видів моделювання ускладнюється ще й у силу багатозначності самого поняття «модель», яке широко використовується не тільки в науці й техніці, але й у мистецтві, і у повсякденному житті. Проте стосовно інформатики, природничих і технічних наук, як зазначалося вище, можливості для класифікації існують. При цьому учні повинні розуміти, що будь-яка конкретна модель може одночасно мати кілька ознак для класифікації. Наведемо лише деякі, найбільш відомі: дискретність і неперервність, випадковість і детермінованість, матеріальні й ідеальні моделі, матричні й скалярні моделі, статичні й динамічні моделі, аналітичні й імітаційні моделі, концептуальні, інформаційні й математичні моделі, предметні й образно-знакові тощо.

Що ж дає знання подібних ознак для учня і вчителя? Відповіді на це й подібні питання даються багатьма авторами, але ми пропонуємо учням спочатку ознайомитися з відповідним матеріалом за книжками Я.І. Хургіна [73; 74], де доступно й водночас професійно подано корисний матеріал не лише про моделювання, а й про математичні методи опрацювання моделей.

Кожна ознака відображає певне знання про властивості як моделі, так і реального об'єкта, що моделюється. Ознака може стати підказкою про спосіб моделювання, про якість моделі. Наприклад, відсутність у моделі явища радіоактивного розпаду фактора випадковості неприпустиме. Знання ознак допомагає обрати придатний засіб для моделювання, проте ми завжди нагадуємо учням, що лише власна практика і досвід моделювання допомагають вдало вправлятися з такою проблемою. Недарма моделювання називають мистецтвом.

У шкільному навчальному моделюванні особливого значення набуває питання про відповідний математичний апарат. Вивчення зарубіжного й вітчизняного досвіду [1; 7; 43; 50; 70; 75 та ін.] впровадження комп'ютерного моделювання в шкільну практику показує, що більшість дослідників пропонують починати таку роботу з обчислювальних моделей на основі використання чисельних методів. «Взагалі, фундаментальне значення комп'ютерного моделювання динамічних систем, – пише Дж. Огборн, – полягає у можливості розділяти розрахунок на елементарні кроки (ітерації). Це збільшує наочність і доступність розрахунку для розуміння та сприяє ліквідації розриву між формулюванням диференціального рівняння і використанням у подальшому аналітичної форми його розв'язування для розрахунків, як це звичайно робиться в курсах фізики і хімії. Більш того, чисельні моделі функціонують так само, як природа: вона “нічого не знає” про еліпси й параболи, але формує їх крок за кроком із плином часу, так само, як це робиться під час чисельного моделювання» [70, 118].

Застосування комп'ютера для розв'язання прикладних задач може суттєво спростити математичний апарат, зробити доступними школяреві задачі вузівських курсів. Прикладом є задача про вигляд траєкторії руху тіла-супутника при довільних значеннях показника степеня для відстані r до центрального тіла [78, 167].

Спрощення математики відбувається тим помітніше, чим раніше при розв'язуванні задач залучається комп'ютер. Основна причина подібних спрощень – відмова від граничних переходів, дискретність математики: похідні замінюються різницевиими відношеннями, диференціальні рівняння – рекурентними формулами, визначені інтеграли – скінченними сумами. З цього приводу О.І. Бочкін вдається до гротеску: «Екстремісти від інформатики вважають, що якби ЕОМ існували у часи Ньютона і Лейбніца, до винаходу диференціального та інтегрального числення справа взагалі б не дійшла... Саме Ньютон запропонував чисельні, різницеві методи розв'язування диференціальних рівнянь. У нього не було лише комп'ютера» [43, 348]. З методичних міркувань при вивченні комп'ютерного моделювання в школі досить обмежитися співвідношеннями для скінченних величин, а про диференціальні рівняння без крайньої потреби не згадувати.

Як відомо, в комп'ютерному моделюванні широко використовується імітація випадкових подій. Яскравий приклад – обчислення площ за методом Монте-Карло. Тут є деяке пізнавальне утруднення: до цього моменту в учнів формувалося уявлення про зумовленість дій комп'ютера, повторюваність результатів. Тому не варто поспішати зі «струшуванням» датчика випадкових чисел. Нехай повторно або навіть на різних машинах з'являється той самий результат – у такий спосіб природним шляхом постане питання про комп'ютерні генератори випадкових (насправді псевдовипадкових) чисел. Вивчення імітаційних стохастичних моделей дає можливість поступово та цілеспрямовано формувати елементи ймовірнісного мислення. З огляду продиктованих життям вимог нової програми шкільного курсу математики щодо вивчення елементів стохастики, робота з подібними моделями здатна створити надійне підґрунтя для практичної підтримки цієї теми.

Вивчення імітаційних стохастичних моделей дає можливість поступово та цілеспрямовано формувати елементи ймовірнісного мислення. З огляду продиктованих життям вимог нової програми

шкільного курсу математики щодо вивчення елементів стохастички [76; 77], робота з подібними моделями може створити надійне підґрунтя для практичної підтримки цієї теми.

У методології моделювання найбільш відповідальним і складним є процес абстрагування, тобто включення до опису моделі суттєвих і виключення несуттєвих ознак (властивостей). Однак не менш важливим є і виявлення меж застосування моделі.

Говорячи про математичний апарат шкільного моделювання, не можна залишити осторонь обговорення дуже важливого питання про похибки моделей та їх оцінку. В пропонованому курсі комп'ютерного моделювання розглядаються наступні види похибок: похибка постановки задачі, початкова похибка (похибка вхідних даних, похибка методу, інструментальна похибка. Наводяться міркування про можливість заміни складного математичного апарату оцінки похибок моделювання чисельними експериментами. Але учням пояснюється, що одержаний висновок не є загальним і, строго кажучи, лише означає, що два результати виявилися близькими. Висновок про їх близькість до точного розв'язку засновується на малій імовірності випадкового збігу двох розрахунків. Дійсно, якщо, наприклад, при $\Delta t = 0,1 \text{ c}$ і $\Delta t = 0,05 \text{ c}$ розбіжність у результатах незначна, то ще один розрахунок для $\Delta t = 0,025 \text{ c}$ може помітно додати впевненості, якщо і новий результат буде близьким до двох попередніх.

Висновки

Основним методом вивчення комп'ютерного моделювання є пошуково-дослідницький метод, особливо у тих випадках, коли натурне дослідження реально неможливе або його важко виконати.

Методична система навчання комп'ютерного моделювання будується на концепціях теорії проблемного навчання та теорії поетапного формування розумових дій, що забезпечує можливість управління навчальною діяльністю і створення орієнтувальної основи дій для розвитку творчих здібностей. Вона спирається на здатність учнів до теоретичного мислення і продовжує його формування через міжпредметні зв'язки (зовнішня синтезуюча складова) і за рахунок засвоєння учнями певних методологічних засад комп'ютерного моделювання (внутрішня складова). Спирання на ці складові у сукупності забезпечує формування наукового світогляду. І хоч теорія поетапного формування розумових дій є нерозробленою стосовно творчого аспекту процесу навчання, ми припускаємо, що подаючи у якості орієнтувальної основи розумових дій зразки творчого мислення, можна сподіватися на розвиток творчих здібностей через механізм наслідування зразку.

Пропонована методична система навчання комп'ютерного моделювання має на меті розкрити зміст усієї шкільної освіти через введення понять «модель» і «моделювання», що склалися як у конкретних науках, так і в методології науки взагалі.

Вивчення моделей з різних предметних галузей – фізичних, хімічних, біологічних, історичних тощо – сприяє розвитку «предметного» мислення та інтеграції наукових методів пізнання у навчальній діяльності і тим самим позитивно впливає на формування основ інформаційної культури школярів. Водночас набуття навичок побудови і дослідження моделей сприяє розв'язуванню задачі, що має самостійну загальноосвітню значущість – воно створює передумови для розвитку системного і логічного мислення.

Факультативне вивчення моделювання доцільно починати з обчислювальних моделей на основі використання чисельних методів. Застосування комп'ютера для розв'язування прикладних задач може суттєво спростити використовуваний математичний апарат, зробити доступними школярам задачі вузівських курсів.

В систематичному курсі комп'ютерного моделювання повинна приділятися значна увага проблемі виникнення й нагромадження похибок округлення. Оволодіння курсом має забезпечити знання способів їх зменшення.

Стосовно класифікації моделей і видів моделювання учні повинні розуміти, що конкретна модель часто може бути віднесена до різних класів, а остаточний вибір визначається метою дослідження.

Внаслідок узагальнення методу моделювання сформувалося поняття «інформаційна модель». За допомогою таких моделей описують всеможливі об'єкти та інформаційні процеси і використовують в інформаційних системах, при цьому параметри моделі та її складові можуть мати числову, текстову або іншу сигнальну форму. Більш доступним для учнів є уявлення про інформаційну модель як сукупність (набір) даних, що містять всі необхідні відомості про досліджуваний об'єкт.

Згідно дидактичного принципу наочності при навчанні комп'ютерного моделювання у методичній системі повинні передбачатися можливості за найменшої нагоди разом із знаковою моделлю завжди будувати модель наочно-образну, щоб у свідомості учнів створювався відповідний чуттєвий образ.

За принципом просування від простого до складного і принципом наслідування більш повна, більш загальна модель повинна містити у собі простішу як окремий випадок при переході до попередніх умов. Тому навчання курсу моделювання не просто знайомить із численними прикладами практичних застосувань комп'ютера, при цьому реалізується методологія такої роботи: практично кожна модель має 3–4 версії з поступовим ускладненням [78].

Творчі здібності не створюються, а виявляються. Вирішальну роль у виявленні й розвитку творчих здібностей відіграють освіта й виховання. При цьому високий рівень інтелекту не гарантує творчих досягнень: можна бути інтелектуалом і не стати творцем. Метод моделювання, що

найчастіше спрямований на розв'язування задач із нечітко сформульованою умовою, створює реальну основу для розвитку творчого (продуктивного) мислення школярів.

Література

1. Жалдак М. И. Компьютер на уроках математики : пособие для учителей / М. И. Жалдак. – Издание 2-е, переработанное и дополненное. – К.: ДИНИТ, 2004. – 327 с.
2. Жалдак М. И. Деякі методичні аспекти навчання інформатики в школі і педагогічному університеті / Жалдак М.И. // Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. – К.: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2005. – Випуск 9. – С. 3-14.
3. Жалдак М. И. «Основи інформатики» як одна з вагомих складових системи навчальних предметів загальноосвітньої школи / Жалдак М. И., Морзе Н. В., Рамський Ю. С. // Сучасні інформаційні технології в навчальному процесі : зб. наук. праць. – К. : НПУ ім. М.П. Драгоманова, 1997. – С. 3-21.
4. Гергей Т. П. Психолого-педагогические проблемы эффективного применения компьютера в учебном процессе / Гергей Т. П., Машбиц Е. И. // Вопросы психологии. – 1985. – № 2. – С. 41-48.
5. Машбиц Е. И. Компьютеризация обучения: проблемы и перспективы / Ефим Израилевич Машбиц. – М. : Знание, 1986. – 80 с.: ил. – (Новое в жизни, науке, технике. Педагогика и психология)
6. Машбиц Е. И. Психолого-педагогические проблемы компьютеризации обучения / Ефим Израилевич Машбиц. – М.: Педагогика, 1988. – 191 с. – (Педагогическая наука – реформе школы)
7. Рамський Ю. С. Формування інформаційної культури вчителя інформатики при вивченні методів обчислень у педагогічному вузі / Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. – К.: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2000. – Випуск 2. – 326 с.
8. Рамський Ю. С. Методичні основи вивчення експертних систем у школі / Рамський Ю. С., Балик Н.Р. – К.: Логос, 1997. – 114 с.
9. Морзе Н. В. Методика изучения основных понятий информатики и вычислительной техники в средних проф-тех. училищах: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Морзе Н. В.; НИИ педагогики УССР. – К., 1986. – 18 с.
10. Горошко Ю. В. Розв'язування математичних задач практичного змісту за допомогою комп'ютера / Горошко Ю. В., Пеньков А. В. // Сучасні інформаційні технології в навчальному процесі: зб. наукових праць. – К.: КДП ім. М.П. Драгоманова, 1991. – С. 41–51.
11. Пеньков А. В. Использование новой информационной технологии при преподавании математики в старших классах средней школы : дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Пеньков А. В. – К., 1992. – 217 с.
12. Горошко Ю. В. Вплив нової інформаційної технології на практичну значимість результатів навчання математики в старших класах середньої школи: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Горошко Ю.В. – К., 1993. – 203 с.
13. Крамаренко Т. Г. Уроки математики з комп'ютером: навч. посіб. / Т. Г. Крамаренко; за ред. М. И. Жалдака. – Кривий Ріг: Видавн. дім, 2008. – 272 с.
14. Забара И. С. Тренажер «DIANA» / Забара И.С., Раков С.А. // Информатика и образование. – 1991. – № 1. – С. 81-82.
15. Раков С. А. Компьютерные эксперименты в геометрии: учеб. пособие для учащихся по курсу геометрии / Раков С.А., Горох В.П.; Харьковский гос. педагогический ун-т им. Г.С. Сковороды; МП Региональный центр новых информационных технологий. – Х., 1996. – 175с.
16. Раков С. А. Использование пакета DERIVE в курсе математики: учеб. пособие для учащихся по курсу «Алгебра и начала анализа» / Раков С.А., Олейник Т.А., Скляр Е.В.; Харьковский гос. ун-т им. Г.С. Сковороды; МП Региональный центр новых информационных технологий. – Х., 1996. – 158 с.
17. Мадзігон В. М. Шкільній інформатиці – статус самостійної навчальної дисципліни / Мадзігон В. М., Руденко В. Д. // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 1998. – №4.
18. Руденко В. Д. Имитационное моделирование учебных алгоритмов / Руденко В. Д. // Информатика и образование. – 1990. – № 5. – С. 42-45.
19. Руденко В. Д. Шкільному курсу інформатики – десять років: стан та перспективи / Руденко В. Д. // Педагогіка і психологія. – 1996. – № 3. – С. 104-109.
20. Руденко В. Д. Практичний курс інформатики: навч.-метод. посібник / Руденко В. Д., Макарчук О.М., Патланжоглу М.О.; АПН України; Інститут педагогіки / В.М. Мадзігон (ред.). – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: Фенікс, 2001. – 370 с.
21. Бугаєнко Г. О. Лінійні динамічні системи і їх комп'ютерне моделювання / Бугаєнко Г. О., Триус Ю. В., Яриніч Ю. О. // Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання: зб. наук. праць / Редкол. – К.: «Комп'ютер у школі та сім'ї», 1998. – 231 с.
22. Жук Ю. А. Решение исследовательских задач по физике с использованием новых информационных технологий: дисс. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Жук Ю.А. – К., 1995. – 217 с.
23. Головань М. С. Розвиток пізнавальної активності учнів в процесі навчання алгебри і початків аналізу на основі НІТ: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Головань М.С. – К., 1997. – 211 с.
24. Малярчук С. М. Формування основ інформаційної культури учнів 6-7 класів за допомогою середовища Лого: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Малярчук С.М.; НПУ ім. М.П. Драгоманова. – К., 1997. – 24 с.

25. Чепрасова Т. И. Підвищення практичної значущості результатів навчання інформатики в старших класах середньої школи в умовах НІТН: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Чепрасова Т.І. – К., 1998. – 217 с.
26. Ершов А. П. Информатика: предмет и понятия / Ершов А. П. // Кибернетика. Становление информатики. – М. : Наука, 1986. – С. 28-31. – (Серия «Кибернетика – неограниченные возможности и возможные ограничения»).
27. Основы информатики и вычислительной техники: проб. учеб. пособие для сред. учеб. заведений. В 2-х ч. / [А.П. Ершов, В.М. Монахов, С.А. Бешенков и др.]; Под ред. А.П. Ершова, В.М. Монахова. – К.: Рад. шк., 1985. – Ч. 1. – 96 с.: ил.
28. Изучение основ информатики и вычислительной техники: методическое пособие для учителей и преп. ср. уч. заведений: В 2 ч. / А. П. Ершов, В. М. Монахов, А. А. Кузнецов ; под ред. В.М. Монахова. – Ч. 1 – К.: Рад. шк., 1987. – 190 с.
29. Малкова Т.В. Математическое моделирование – необходимый компонент современной подготовки школьника / Малкова Т.В., Монахов В.М. // Математика в школе. – 1984. – № 3. – С. 14-19.
30. Монахов В.М. Психолого-педагогические проблемы обеспечения компьютерной грамотности учащихся / Монахов В. М. // Вопросы психологии. – 1985. – № 3. – С. 14-22.
31. Разумовский В. Г. ЭВМ и школа: научно-педагогическое обеспечение / Разумовский В.Г. // Сов. педагогика. – 1985. – № 9. – С. 12-16.
32. Талызина Н.Ф. Внедрению компьютеров в учебный процесс – научную основу / Талызина Н.Ф. // Сов. педагогика. – 1985. – № 12. – С. 34-38.
33. Талызина Н. Ф. Пути и возможности автоматизации учебного процесса / Талызина Н.Ф., Габай Т. В. – М.: Знание, 1977. – 64 с.
34. Математическое моделирование и перспективы развития школьного образования / Н.Л. Буланова, Д. В. Волков, В. Б. Хозиев, П. Д. Ширков; Ин-т прикл. математики им. М. В. Келдыша АН СССР. – М.: ИПМ, 1987. – 10 с.
35. Киселев Б. Г. Система курсов информатики / Киселев Б.Г. // Информатика и образование. – 1991. – № 5. – С. 19–25.
36. Белоцерковский О. М. Математическое моделирование – отрасль информатики / Белоцерковский О. М. // Кибернетика. Становление информатики. – М.: Наука, 1986. – С. 45–62. – (Серия «Кибернетика – неограниченные возможности и возможные ограничения»).
37. Ершов А. П. Школьная информатика в СССР: от грамотности к культуре / Ершов А. П. // Информатика и образование. – 1987. – № 6. – С. 3-11.
38. Моисеев Н. Н. Алгоритмы развития / Никита Николаевич Моисеев; АН СССР. – М.: Наука, 1987. – 302 с.
39. Каныгин Ю. М. Повышение роли информатики в управлении научно-техническим прогрессом / Каныгин Юрий Михайлович, Калитич Георгий Ильич; Государственный плановый комитет УССР. – К., 1987. – 61 с. – (Промышленность / Украинский НИИ научно- технической информации и технико-экономических исследований).
40. Жалдак М. И. Система подготовки учителя к использованию информационной технологии в учебном процессе: дис. ... в форме науч. доклада доктора пед. наук: 13.00.02 / Жалдак М. И.; АПН СССР; НИИ содержания и методов обучения. – М., 1989. – 48 с.
41. Яглом И.М. Образное мышление, алгоритмическое мышление, компьютеры / Яглом И. М. / Компьютер в обучении: психолого-педагогические проблемы (Круглый стол) // Вопросы психологии. – 1986. – №5. – С. 69-70.
42. Мичи Д. Компьютер-творец / Дональд Мичи, Рори Джонстон. – М.: Мир, 1987. – 254 с.
43. Бочкин А. И. Методика преподавания информатики / Бочкин А. И. – Мн.: Выш. шк. – 431 с.
44. Математическое моделирование / Редакторы Дж. Эндрюс, Р. Мак-Лоун. – М. : Мир, 1979. – 277 с.
45. Гулд Х. Компьютерное моделирование в физике: [в 2 ч.] / Харви Гулд, Ян Тобочник. – М.: Мир, 1990.
46. Компьютеры, модели, вычислительный эксперимент : Введ. в информатику с позиций мат. моделирования: [сб. ст.] / АН СССР; [предисл. А. А. Самарского]. – М.: Наука, 1988. – 169 с. – (Кибернетика – неогранич. возможности и возмож. ограничения).
47. Самарский А. А. Компьютеры и жизнь: (Мат. моделирование) / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – М.: Педагогика, 1987. – 127 с.
48. Верлань А. Ф. Основы применения вычислительной техники: пробное учебн. пособие для 10 кл. ср. шк. / Верлань А.Ф., Распопов В.Б. – К. : Рад. шк., 1986. – 160 с.
49. Белошадка В. К. Основы информационного моделирования / Белошадка В. К., Лесневский А. С. // Информатика и образование.– 1989. – № 3. – С. 17-25.
50. Матюшкин-Герке А. А. Учебно-прикладные задачи в курсе информатики / Матюшкин-Герке А. // Информатика и образование. – 1992. – № 3-4. – С. 3-11, № 5-6. – С. 15-18.
51. Быкадоров Ю.А. Информатика / Быкадоров Ю.А., Кузнецов А.Г., Павловский А.И. – Мн.: Нар. асвета, 1994.
52. Информатика : Учеб. для 8-9 кл. общеобразоват. учреждений / [А.Г. Гейн, Е.В. Линецкий, М.В. Сапир, В.Ф. Шолохович]. – 5 изд. – М.: Просвещение, 1999. – 255 с.

53. Основы информатики и вычислительной техники : Проб. учеб. для 10-11-х кл. сред. шк. / [В.А. Каймин, А.Г. Щеголев, Е.А. Ерохина, Д.П. Федюшин]. – М. : Просвещение, 1989. – 272 с.
54. Кушниренко А. Г. Основы информатики и вычислительной техники : проб. учеб. для сред. учеб. заведений / Анатолий Георгиевич Кушниренко, Геннадий Викторович Лебедев, Рудольф Анатольевич Сворень. – 3-е изд. – М. : Просвещение, 1993. – 223 с.
55. Гальперин П. Я. Основные результаты исследований по проблеме формирования умственных действий и понятий / Петр Яковлевич Гальперин. – М.: Наука, 1965. – 347 с.
56. Гальперин П. Я. Психология мышления и учение о поэтапном формировании умственных действий / Петр Яковлевич Гальперин // Исследование мышления в советской психологии. – М.: Педагогика, 1966.
57. Давыдов В. В. Виды обобщения в обучении: Логико-психол. проблемы построения учеб. предметов / Василий Васильевич Давыдов ; Психол. ин-т. Рос. акад. образования. – 2 изд. – М.: Пед. о-во России, 2000. – 478 с.
58. Талызина Н.Ф. Управление процессом усвоения знаний: (Психол. основа) / Нина Федоровна Талызина. – 2-е изд., доп. и испр. – М.: Изд-во МГУ, 1984. – 344 с.
59. Возрастная и педагогическая психология / [Петровский А.В., Непомнящая Н.И., Мухина В.С. и др.]; Под ред. А.В. Петровского. – М.: Прогресс, 1982. – 390 с.
60. Кон И.С. Психология старшеклассника / Игорь Семенович Кон. – М.: Просвещение, 1982. – 207 с. – (Б-ка клас. руководителя).
61. Лейтес Н.С. Умственные способности и возраст / Лейтес Н.С. – М.: Педагогика, 1971. – 278 с.
62. Пиаже Ж. Избранные психологические труды / Жан Пиаже. – М.: Международная педаг. академия, 1994. – 680 с.
63. Давыдов В.В. Концепция учебной деятельности школьников / Давыдов В.В., Маркова А.К. // Вопросы психологии. – 1981. – № 6.
64. Дружинин В. Н. Психология общих способностей / Владимир Николаевич Дружинин. – 3-е изд. – Москва [и др.]: Питер, 2007 (СПб.: Техническая книга). – 358 с. – (Мастера психологии).
65. Матюшкин А. М. Проблемные ситуации в мышлении и обучении / Алексей Михайлович Матюшкин. – М.: Педагогика, 1972. – 206 с.
66. Махмутов М. И. Организация проблемного обучения в школе / Мирза Измаилович Махмутов. – М.: Просвещение, 1977. – 240 с.
67. Штофф В. А. О роли моделей в познании / Штофф В. А. – Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1963. – 128 с.
68. Бирюков Б. Е. Машина и творчество / Борис Владимирович Бирюков, Израиль Борисович Гутчин. – М.: Радио и связь, 1982. – 151 с. – (Кибернетика).
69. Мышкис А. Д. Элементы теории математических моделей: [написание уравнений, упрощение уравнений, выбор решений] / Анатолий Дмитриевич Мышкис. – 4-е изд. – М.: URSS: Либроком, 2009. – 191 с.
70. Нарыкова И. Компьютерное моделирование в Великобритании / Нарыкова И. // Информатика и образование. – 1992. – № 3-4. – С. 116-120.
71. Пейперт С. Переворот в сознании: дети, компьютеры и плодотворные идеи / Сеймур Пейперт. – М. : Педагогика, 1989. – 220 с.
72. Пейперт С. Здорово – это трудно – это называется Лого!: Интервью, данное С.Ф. Сопрунову 16.02.1998. Москва / Сеймур Пейперт // Компьютер в школе. – 1999. – №2. – С. 5-8.
73. Хургин Я. И. Да, Нет или Может быть: [Рассказы о стат. теории упр. и эксперимента] / Яков Исаевич Хургин. – М.: Мир, 1985. – 224 с. – (Наука для всех).
74. Хургин Я. И. Ну и что? : Разговоры математика с биологами и радистами, врачами и технологами, геологами и экономистами – людьми разных специальностей и интересов о математике и ее связях с другими науками, о разных разностях, занимающих автора и его друзей / Яков Исаевич Хургин. – М.: Интерконтакт Наука, 2002. – 323 с.
75. Жалдак М.І. Чисельні методи математики: посібник для самоосвіти вчителів / М.І. Жалдак, Ю.С. Рамський. – К.: Радянська школа, 1984. – 206 с.
76. Жалдак М. І. Інформаційні технології і елементи стохастики в школі / Жалдак М.І., Горошко Ю. В. // Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. / Редкол. – К. : Комп'ютер у школі та сім'ї, 1998. - С. 13-32.
77. Жалдак М. І. Комп'ютер і елементи стохастики в шкільному курсі математики / Жалдак М.І., Горошко Ю. В. // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 1998. – № 3, 4.
78. Теплицький І. О. Елементи комп'ютерного моделювання: навчальний посібник / Ілля Олександрович Теплицький. – Видання друге, виправлене і доповнене. – Кривий Ріг: КДПУ, 2010. – 264 с., іл. – (25 років розвитку методичної системи навчання інформатики в школі та педагогічному університеті).