

## Zinātne — praksei. Pedagoģija

UDK 37.01:007+371.3+378.147+519.6+681.3.06

B. Ciļeviĉs, S. Pavlovs, N. Ustinovs

### PAR KOMPJŪTERAPMĀCĪBAS TEHNOĻOĢIJAS IZSTRĀDI UN PEDAGOĢISKO PROGRAMMLĪDZEKĻU PROJEKTĒŠANU UZ MATEMĀTISKĀS MODELĒŠANAS BĀZES UN AR MĀKSLĪGĀ INTELEKTA ELEMENTIEM

**Ievads.** Izglītības kompjuterizācijas process šķiet vienveidīgs tikai no sagādes viedokļa: iegādāties mācību skaitļošanas tehnikas komplektus (MSTK) un apgādāt ar tiem skolas. No funkcionālā viedokļa diezgan noteikti iezīmējas divi dažādi aspekti:

— kompjūters kā izpētes objekts. Līdz ar dažādu zināšanu, paņēmienu un prasību kopumu apmācāmajam nepieciešams apgūt informātikas pamatjēdzienus, saņemt noteiktu priekšstatu par ESM uzbūvi, lietošanas virzieniem un iespējām, iegūt praktiskas iemaņas un psiholoģisku gatavību darbam ar kompjūteru un izplatītākajiem programmlīdzekļiem.

— ESM kā līdzeklis, kas paaugstina apmācības efektivitāti noteiktam (diezgan plašam) priekšmetu lokam.

Pati par sevi ESM izmantošana mācību procesā, bez šaubām, ir progresīva, tomēr nenodrošina pedagoģiskās efektivitātes paaugstināšanos.

Pedagoģiskā zinātne un prakse ir izstrādājusi diezgan efektīvas apmācības formas un metodes, kas adekvātas konkrēta mācību kursa sastāvam un saturam. Dabiski, ka apmācības formu un metožu pamatā ir to izstrādāšanas laikā pieejamie apmācības līdzekļi (tajā skaitā — tehniskie). Lai apmācībā varētu efektīvi izmantot ESM, jāizstrādā jauna metodika, jau pašā sākumā ņemot vērā tāda jaudīga tehniskā apmācības līdzekļa (TAL) iespējas, kāds ir kompjūters. Šādu metodiku atšķirība no tradicionālajām var būt tik liela, ka pareizāk ir runāt par jaunu kompjūterapmācības tehnoloģiju (KAT).

Kaut arī šie apsvērumi ir visai triviāli, lielākā daļa pedagoģisko programmlīdzekļu (PPL) izstrādātāju tos neievēro. Parasti PPL realizē «vecu», vispārpieņemto apmācības metodiku, gan izmantojot «jaunos» tehniskos līdzekļus, taču ievērojot praktiski noteikto «vecās» metodikas pedagoģisko efektivitāti. Darbs tādējādi tiek reducēts uz informācijas nesēja nomainītu (teksti un zīmējumi ir nevis uz papīra mācību grāmatā, bet uz magnētiskā diska, displeja ekrāna u. tml.). Turklāt, ar retiem izņēmumiem, netiek veikti kaut cik nopietni pētījumi par PPL pedagoģisko efektivitāti salīdzinājumā ar tradicionālajām apmācības metodēm.

Šāda ceļa pievilcība daļēji saistīta ar tamlīdzīgu PPL izstrādātāju lielo darba rāžigumu: sistēmprogrammu nodrošinājuma mūsdienu attīstības līmenis dod iespēju strādāt ar vienkāršām augsta līmeņa valodām, kā, piemēram, BASIC, kas realizēta pat uz tādas sadzīves ESM kā «Электроника БК-0010», kura plaši izplatīta arī Latvijas skolās «КУВТ-86» komplektācijā. Galvenais uzsvars šādā gadījumā tiek pārņemts no principiāli svarīga posma — apmācības metodikas izstrādāšanas, kura iz-

manto PPL, vienlaikus ar apmācības scenāriju projektēšanu — uz tīri tehnisku apmācības programmas realizācijas posmu.

Lai nodrošinātu patiesi efektīvu ESM izmantošanu apmācība, speciālistu grupai, kurā ietilptu pedagogs, psihologs, priekšmeta skolotājs, programmētājs, dizainers u. c., jāizstrādā «mašīnāpmācības» metodika dotajam konkrētajam kursam, paturot prātā galveno — apmācības mērķus. Pilnīgi iespējams, ka nāksies pārskatīt tradicionālo priekšmetu kursu sastāvu un saturu: pirmkārt, mācību kursa programma ir saistīta ar konkrētu metodiku; otrkārt, ja (kā sagaidāms) kompjuiterizācija ļaus paugstināt apmācības efektivitāti, tad mainīsies attiecība starp mācību materiāla apjomu un priekšmeta mācīšanas laiku. Šis ceļš samazinās PPL izstrādātāju darba ražīgumu, taču tas veicina augstākas kvalitātes programmu izveidošanu, kā arī ļauj izstrādāt pamatotus standartus un vienošanās, kas nepieciešami PPL unifikācijai — vienam no būtiskākajiem noteikumiem pedagoģiskās efektivitātes sasniegšanai.

**Matemātiskā modelēšana un apmācība.** Jautājums — kur var gaidīt PPL augstu pedagoģisko efektivitāti? — saistīts ar citu jautājumu: kādas jaunas iespējas un metodes kompjuiterizācija dod pasniedzējam?

No šī viedokļa vislielāko uzmanību pelna matemātiskās modelēšanas metode, kas ļauj veikt skaitlisko eksperimentu (SE) ar ESM palīdzību [1]. Piemēram, dabaszinātņu cikla priekšmetu apgūšanai matemātiskā modelēšana ir vislabākā adekvātā pieeja. Bez tam konsekventa un sistemātiska šīs pieejas izmantošana ļauj tuvināt mācību darba metodoloģiju zinātniskās pētniecības darba metodoloģijai, dod apmācāmajam iespēju apgūt ne tikai konkrēto mācību kursu, bet arī pašu matemātiskās modelēšanas metodi, kas ir īpaši aktuāla augstākajā izglītībā un vidējās izglītības noslēgumposmā. Matemātiskās modelēšanas metodes lietošanas iespējas apmācībā ir aplūkotas vairākos pēdējā laikā iznākušajos darbos [2—5].

Izmantot matemātisko modelēšanu apmācībā bez ESM palīdzības nav iespējams. Skolu skaitļošanas tehnika uz mūsdienu personālo kompjūteri bāzes ļauj:

— izdarīt apjomīgas skaitļošanas darbības modelēšanas procesā uz ESM ar mazu sistēmas reakcijas laiku, līdz ar to rodas iespēja pētīt nelineārus procesus [6];

— strādāt ar lieliem datu masīviem un mazu ierakstīšanas/nolasīšanas laiku interaktīvā ESM un lietotāja mijiedarbības procesā;

— vizualizēt modelēšanas rezultātus (ar mērķi atvieglot to interpretāciju), bet dažos gadījumos — pašu modeli, tā izveidošanas procesu un skaitļošanas gaitu, izmantojot dinamiku, krāsu, skaņu un tml.

PPL uz matemātiskās modelēšanas bāzes (nosauksim tos MMPPPL), acīmredzot, būtiski jāatšķiras no lietišķo programmu paketēm (LPP), kuras realizē matemātiskās modelēšanas metodi. Atšķirībā no pētnieka, kas lieto LPP, lai iegūtu objektīvi jaunas zināšanas, apmācāmais ar MMPPPL palīdzību iegūst subjektīvi jaunas zināšanas. LPP un MMPPPL lietotāju kontingents principiāli atšķiras. Tradicionālais LPP lietotājs pārvalda «ideoloģiju» un parasti arī modelēšanas «tehniku» (t. i., piedalās vai var piedalīties LPP izstrādē). Modelēšanas «ideoloģijas» (mazākā mērā — «tehnikas») apgūšana var būt viena no MMPPPL funkcijām apmācības uzdevumos.

MMPPPL izstrādāšanas un lietošanas perspektīvais priekšmetu loks var būt tie priekšmetu kursi, kuros matemātiskās modelēšanas metode pati par sevi jau tiek plaši izmantota. Vidējās izglītības noslēgumposmā daudzsoļi varētu būt fizikas un astronomijas [7] kursi, kā arī matemātikas kurss [2, 8]. Mūsdienu perspektīvs virziens ir integrēta dabaszinātņu kursa izstrāde, kurš ietver fiziku un astronomiju, kā arī dažas ķīmijas un matemātikas nodaļas. Dabaszinātņu integrētais kurss tiek veidots kā savstarpēji saistītu un attīstošu matemātisko modeļu sistēma. Integrētā kursa kompjuernodrošinājums (MMPPPL izstrāde ir likumsakarīgs kursa izveides posms) tiek projektēts kā matemātisko modeļu komplekss, kas ļaus apmācāmajam aktīvi piedalīties procesā un parādību mācību modelēšanā. Atzīmēsim, ka apvienota

astronomijas un fizikas kursa ideja bija ietverta vidējās izglītības koncepcijas materiālos [9].

Augstākas izglītības sistēma perspektīva ir mācību un pētniecības programmu kompleksu izstrādāšana un lietošana kā mācību, tā arī zinātniskās pētniecības mērķiem. Tāda veida kompleksu izstrāde un lietošana ļauj ne tikai paaugstināt studentu darba praktisko atdevi, studentu ieinteresētību, bet arī atvieglo jauno speciālistu adaptāciju.

Īpašu uzmanību pelna jautājums par MMPPL lomu dažādos nepārtrauktās izglītības sistēmas posmos. Šķiet, ka visefektīvākā MMPPL izmantošana ir nevis atsevišķo disciplīnu un to īpašo metodoloģisko pieeju fundamentālo principu un priekšstatu formēšanas stadijā, bet gan šo principu un pieeju lietošanas posmos [10], t. i., MMPPL loma palielinās līdz ar apmācāmā izglītības līmeņa paaugstināšanos. Piemēram, speciālistu kvalifikācijas sistēmā tādi programmlīdzekļi varētu būt visa apmācības procesa pamatā.

MMPPL sistemātiska izmantošana izmainīs attiecības starp laiku, kāds atvēlēts dažādām mācību nodarbību formām (pieaugs patstāvīgā darba, praktisko un laboratorijas darbu īpatnējais svars), kā arī šo formu tradicionālo raksturu.

Īpaša nozīme ir jautājumam par pasniedzēja funkcijām uz MMPPL un KAT izmantošanu balstītā apmācības procesā. Salīdzinājumā ar esošajām apmācības tehnoloģijām šīs funkcijas izmainīsies būtiski. Pasniedzēja loma tuvināsies konsultanta vai skolēna (kurš iegūst subjektīvi jaunas zināšanas) zinātniskā vadītāja lomai. Pasniedzējam jābūt mācību un izpētes procesa organizētājam, informācijas plūsmu (tajā skaitā, arī starp skolēnu un kompjūteru) dispečeram.

***Pedagoģiskie programmlīdzekļi uz matemātiskās modelēšanas bāzes un ar mākslīgā intelekta elementiem.*** MMPPL elementu mijiedarbības funkcionālā shēma [5] dota attēlā. Mācību modelēšanas specifika pēc būtības parādās nevis matemātiskās modelēšanas principiālā struktūrā (bloki att. vidū), bet pārejas raksturā no viena posma uz otru un informācijas iegūšanas avotos, kas nepieciešami tā vai cita posma realizācijai.

Aplūkosim priekšmeta modeļa veidošanas stadiju. Izveidot priekšmeta modeli nozīmē izvēlēties tos reālās sistēmas elementus, kas būs pakļauti izpētei, un to savstarpējās sakarības, kas būs jāņem vērā. Matemātiskās modelēšanas tradicionālajā izmantošanā pētniecības nolūkos šis posms parasti nav automatizēts un pat nav formalizēts. Priekšmeta modeļa izveidošanā sākuma informācijas avots ir pētnieka personīgā pieredze un dati, kas ietverti speciālajā literatūrā. Ja mēs vēlamies, lai šis posms būtu pieejams MMPPL lietotājiem, tad, pirmkārt, jā sagatavo pētāmās sistēmas («realitātes» apgabala) elementu un iespējamo elementu savstarpējo sakarību «bibliotēka» (att. bloki pa labi); otrkārt, jādod lietotājam iespēja ar dialoga līdzekļiem strādāt ar šīm bibliotēkām (piemēram, dinamikas uzdevumos parādīt materiālos punktus vai cietās vielas, kas ietilpst apskatāmajā sistēmā, kvalitatīvi aprakstīt mijiedarbību starp tām — berzes un elastīgos spēkus, gravitācijas pievilkšanas spēkus u. c.); treškārt, vēlamies iekļaut programmu kompleksa sastāvā instrumentālos līdzekļus, kas ļauj bibliotēkas papildināt.

Līdzīga situācija raksturīga arī matemātiskā modeļa veidošanas posmam. Šeit ir runa par elementu un to savstarpējo sakarību vienādojumu bibliotēkām (piemēram, elektrisko shēmu aprakstīšanai — rezistori, kondensatori, diodes u. c., Kirhofa vienādojumi), kā arī papildu (sākum- un robež-) nosacījumu vienādojumu bibliotēkām. Visi izveidotie modeļi glabājas matemātisko modeļu bibliotēkā, tajā skaitā: robežgadījumu modeļi, vienkāršotie modeļi daudzkārtējiem aprēķiniem un/vai apmācībai (izveidoti zinātniskās pētniecības modelēšanas procesā), kā arī neīstie, viltus jeb maldīgie modeļi (izveidoti mācību modelēšanas procesā).

Pievērsīsim uzmanību matemātiskā modeļa parametru skaitlisko vērtību noteik-

šanas posmam. Praksē šos parametrus iegūst dažādi: ar tiešiem mērījumiem, ar netiešiem mērījumiem, kam seko papildu aprēķini, dažreiz nepieciešams papildu skaitliskais eksperiments (piemēram, kvantu mehāniskais aprēķins uzdevumiem, kas formulēti fenomenoloģiskā līmenī), tiek lietota pat piemeklēšana un piedzīšana. Noteiktas iespējas šajā sakarā ir jāatstāj arī MMPPL lietotājiem.

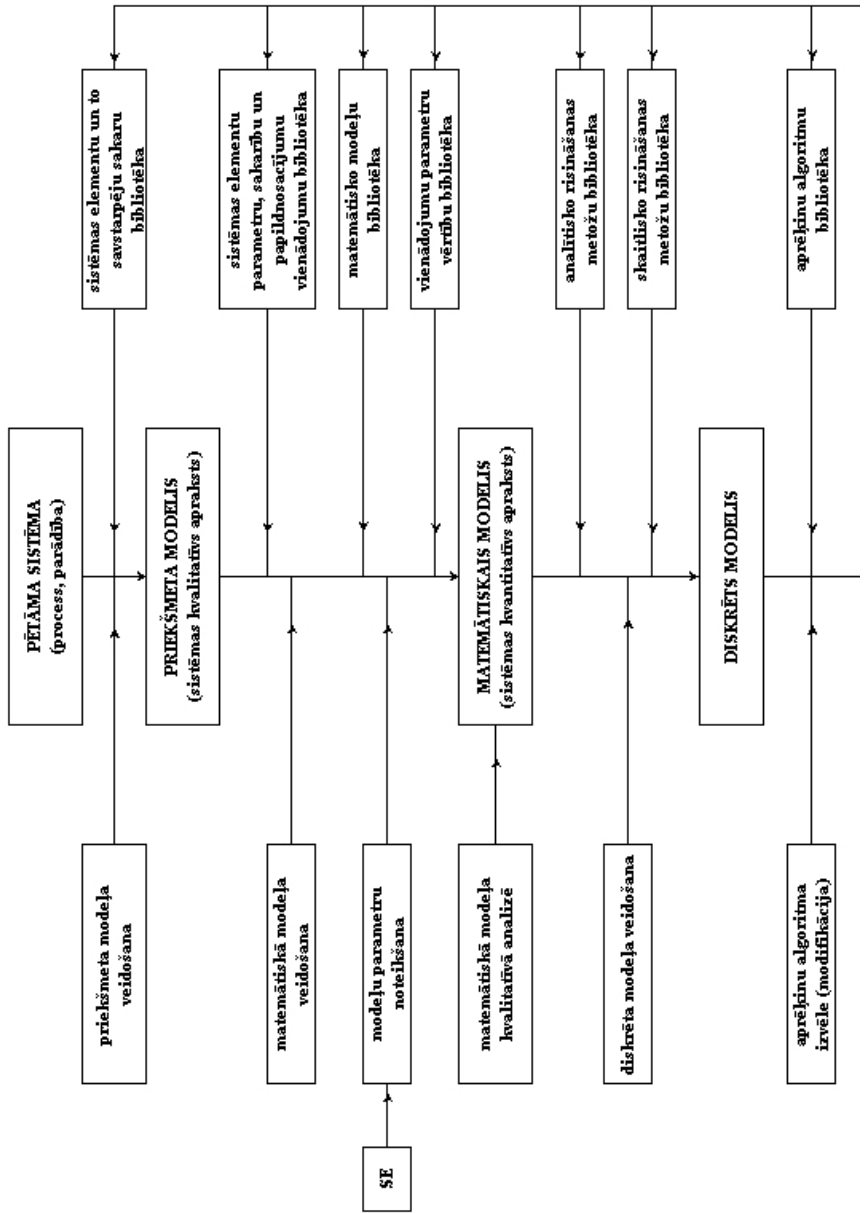
Mācību modelēšanas specifika visreljefāk izpaužas reālā eksperimenta rezultātu iegūšanas paņēmienā un to pasniegšanā apmācāmajam. Visiem lielumiem, kas nepieciešami lietotājam skaitliskā eksperimenta rezultātu interpretācijai, jābūt savlaicīgi sagatavotiem attiecīgās bibliotēkās, vajadzīga arī attēlošanas iespēja, kas būtu visērtākā modelēšanas rezultātu interpretācijai.

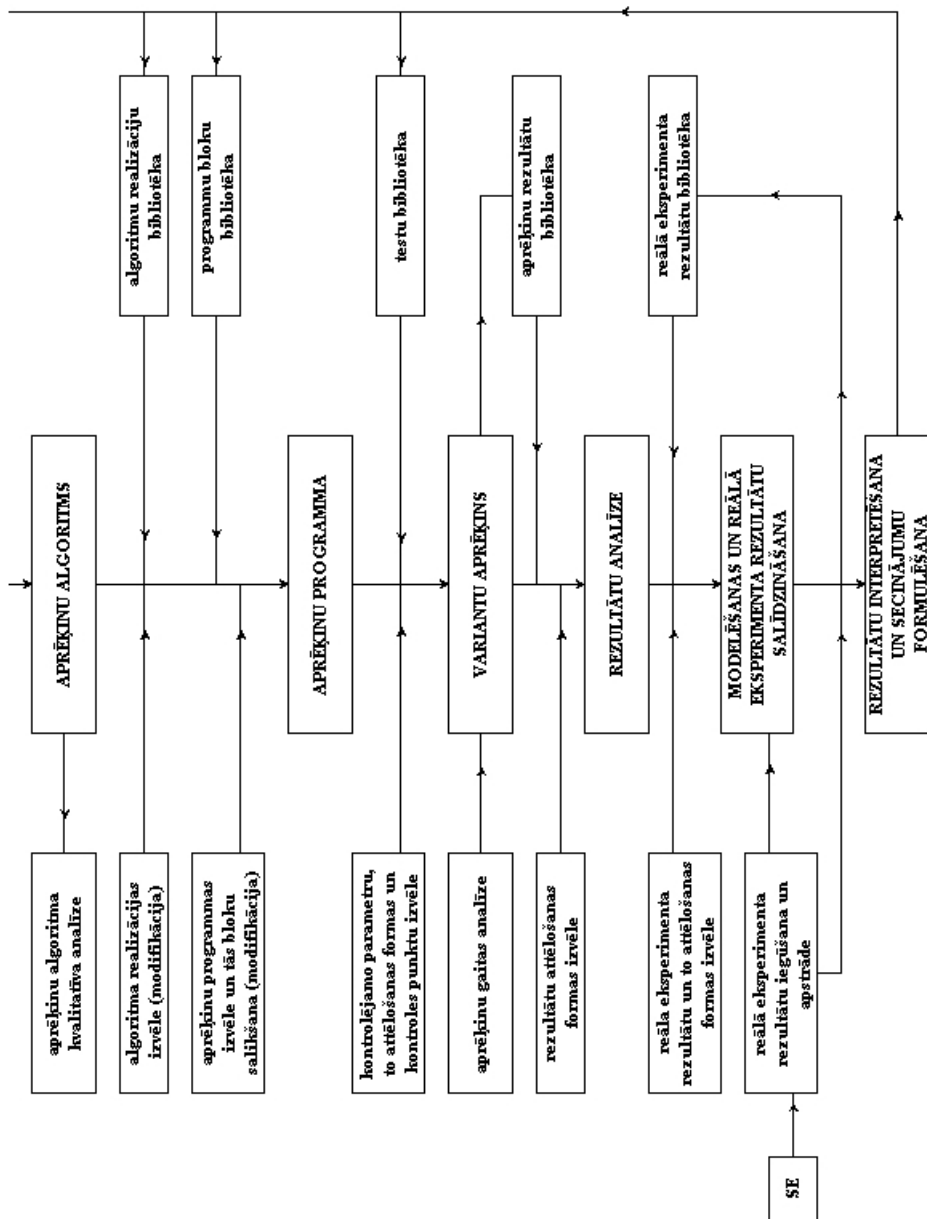
No apmācības viedokļa visvairāk informācijas satur modeļa izveidošanas un rezultātu interpretācijas posms. Mācību modelēšanā ir svarīgi iegūt kvalitatīvi pareizus rezultātus, saīsinot aprēķinu laiku, atšķirībā no zinātniskās pētniecības procesa, kur svarīgi panākt pietiekamu rezultātu precizitāti ar mazāku aprēķinu laika ierobežojumu. Vizualizācijas līdzekļu (tabulu, grafiku, diagrammu, dinamisko attēlu u. c.) izmantošana šajos posmos, ērtāka līdzekļa izvēles iespēju piešķiršana lietotājam nosaka uzskatāmības didaktiskā principa realizācijas pakāpi.

MMPPL funkcionēšana lielā mērā tiek noteikta, identificējot lietotāju un nosakot viņa statusu. Atkarībā no statusa lietotājam tiek dota iespēja veikt dažādu veidu darbības (att. bloki pa kreisi), kuras ir pieejamas attiecīgā programmu kompleksā. Piemēram, lietotājs ar izstrādātāja statusu var modificēt pašu paketi, ar pasniedzēja vai pētnieka statusu — papildināt kolektīvās lietošanas bibliotēkas (att. bloki pa labi): sistēmas elementu un to savstarpējo sakarību aprakstu bibliotēku, elementu un sakarību vienādojumu parametru bibliotēku, aprēķinu algoritmu bibliotēku u. c. Lietotājam ar iesācēja statusu (piemēram, jaunāko klašu skolniekam, kas nepārvalda modelēšanas «ideoloģiju») nav nozīmes uzticēt patstāvīgu darbu ar modeli un algoritmiem, tāpēc priekšmeta modeļa un matemātiskā modeļa izveidošana, algoritma izvēle, aprēķins šajā gadījumā notiek automātiski, rezultāti tiek attēloti tādā formā, kā iepriekš izvēlēties pasniedzējs, t. i., lielākā daļa posmu lietotājam ir «slēgta». Paaugstinoties ap mācāmā kvalifikācijai, mainās viņa statuss — viņam tiek dotas papildu iespējas, piemēram, izmainīt algoritma aprēķina parametrus, modeļa parametrus, rezultātu attēlošanas formu u. c. Tāda pieeja palīdz «noskaņot» programmu atbilstoši konkrēta lietotāja reālajai kvalifikācijai pakāpei, turklāt LPP režīms ir robežgadījums, kad lietotājam ir pieejamas visas MMPPL iespējas.

Ar lietotāja statusu saistīts arī jautājums par dialoga līdzekļu izvēli. Visvienkāršākais līdzeklis — «ēdienkarte» — ir optimālais lietotājam bez prakses, ar zemu statusu. Speciālas komandu valodas lietošana prasa augstāku kvalifikāciju. «Sarus» ar programmu ierobežotā dabiskā valodā ir visperspektīvākā dialoga forma un paver lietotājam ļoti plašas iespējas. Piebildīsim, ka nepieciešams paredzēt apmācāmā dialoga iespēju ar MMPPL vairākās (nacionālās un starptautiskās) valodās, kas ir programmu kompleksa efektīvas izmantošanas un izplatīšanas noteikums. Šim nolūkam MMPPL jāsatur programmu kompleksa modifikācijas instrumentālie līdzekļi, kas dialoga režīmā palīdz pārtulkot «teksta konstantes», kuras ietilpst attiecīgā programmu blokā.

Redzams, ka ne visas MMPPL funkcijas var realizēt, izmantojot tradicionālo programmlīdzekļu organizāciju. Apmācības individualizācijas didaktiskā principa prasība ir MMPPL algoritmu elastīga pieskaņošanās, «jūtīgums» pret konkrēto lietotāju. Nav izslēgts robežgadījums, kad noteiktos darba posmos MMPPL ziņojuma optimālais variants apmācāmajam var būt šāds: «Griezieties pie pasniedzēja (mācību grāmatas, rokasgrāmatas) pēc konsultācijas». Tomēr dialoga un bibliotēku organizācijai galvenokārt tiek izmantoti mākslīgā intelekta tehnikas elementi, t. i., MMPPL kā aprēķinu un loģiskās sistēmas [11] funkcionālo shēmu nosaka vienotās





**Att.** MIMPPPL funkcionālo elementu mijiedarbības shēma: viļņi — matemātiskās modelēšanas metodes jeb skaitliskā eksperimenta (SE) shēma; pa kreisi — aprēķinu un loģiskās sistēmas dialogu bloki; pa labi — informācijas, datu un zināšanu bāzu elementu bloki.

zināšanu bāzes struktūra, uz kuras pamata veidojas dažādo skaitliskā eksperimenta bloku mijiedarbība. Zināšanu bāzes sastāvā ir informācija par priekšmetu, matemātiskās modelēšanas metodes lietošanas tehnoloģiju, dažādam apmācības metodēm un tehnoloģijām [12] u. c.

Strukturāli MMPPL sastāvā var būt:

— modelējošais kodols (modeļu formēšana, analītiskais un skaitliskais aprēķins, rezultātu vizualizācija u. c.);

— programmu apvalks — čaula, kas ietver mākslīgā intelekta elementus (ierobežotas dabiskas valodas interfeiss kā dialoga līdzeklis, zināšanu bāze);

— instrumentālie līdzekļi (programmu modificēšana, kolektīvās lietošanas bibliotēkas papildināšana u. c.);

— programmas, kas nodrošina informācijas uzkrāšanu, glabāšanu, statistisko apstrādi un dokumentāciju par apmācāmā darbu ar MMPPL (līdzīgi jaunās paaudzes automatizētām apmācības sistēmām [13]);

— programmlīdzekļi, kas nodrošina lokālā tīkla darbu (MSTK režīmā).

Galvenais tehnoloģiskais nosacījums MMPPL izstrādē ir moduļu princips. Tikai tāda pieceja var nodrošināt, no vienas puses, MMPPL standartizāciju, kas nepieciešama to plašai un efektīvai izmantošanai mācību procesā, un, no otras puses, apmācības scenārija variēšanas iespējas uz dažāda moduļu izkārtojuma rēķina. Moduļu principa ievērošana programmu izstrādē ļauj patstāvīgi izmantot atsevišķus moduļus uz mazāk jaudīgiem kompjūteriem.

Nopietnas problēmas mācību iestāžu apgādē ar viena tipa jaudīgiem MSTK (šķiet, ka nevar cerēt uz šīs problēmas atrisināšanu tuvākajā laikā) rada nepieciešamību pārnest MMPPL uz citu tipu skaitļošanas tehniku. Tāpēc programmu realizācijai lietderīgi izmantot struktūrprogrammēšanas valodas (C, Pascal u. c.).

**Secinājumi.** 1. Matemātiskās modelēšanas metodes konsekventa lietošana ir viens no visperspektīvākajiem virzieniem didaktiski efektīvo PPL un kompjūterapmācības tehnoloģijas izstrādē integrētam dabaszinātņu kursam, kurš tiek veidots kā savstarpēji saistītu un attīstošos matemātisko modeļu sistēma.

2. Lietotāja un MMPPL «sadarbības» procesā, kas organizēts uz vienotas informācijas bāzes pamata, formējot modeļus, analizējot un interpretējot rezultātus un realizējot citus modelēšanas etapus, jālieto mākslīgā intelekta tehnikas elementi. Lai nodrošinātu apmācības individualizāciju atkarībā no lietotāja statusa un kvalifikācijas, lietderīgi izmantot dažādus dialoga organizācijas veidus — «ēdienkarti», speciālo komandu valodu, ierobežotu dabisku valodu.

3. Izstrādātā MMPPL funkcionālā shēma dod iespēju veidot MMPPL pēc unificētu un standartizētu programmu bloku moduļu principa, kas ļauj tos izstrādāt pa posmiem, izmantot autonomi (uz «Yamaha MSX-2» tipa MSTK), kā arī pakāpeniski iekļaut integrētā mācību vai zinātniskās pētniecības procesa modelēšanas programmu kompleksā (uz perspektīvām MSTK, kuru tehniskais raksturojums līdzīgs IBM PC tipa ESM) ar elastīgu bloku izkārtojumu atkarībā no apmācības vai pētniecības darba uzdevuma.

## IZMANTOTĀS LITERATŪRAS SARAKSTS

1. Самарский А. А. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент // Вестн. АН СССР. — 1979. — № 5. — С. 38—49.
2. Буланова Н. Л., Волков Д. В., Хозиев В. Б., Ширков П. Д. Математическое моделирование и перспективы развития школьного образования (препринт). — М.: Ин-т прикладной математики АН СССР. — 1987. — 10 с.
3. Фокин М. Л. Дидактические требования к учебным моделирующим программам на ЭВМ // Основные аспекты использования информационной технологии обучения в со-

- вершенствовании методической системы обучения. — М.: НИИ СиМО АПН СССР, 1987. — С. 37—54.
4. Павлов С. И., Цилевич Б. Л. Возможности применения метода математического моделирования для разработки педагогических программных средств // ЭВМ в образовании. Программное обеспечение: Межвуз. сб. научн. тр. — Р.: ЛГУ им. П. Стучки, 1988. — С. 114—127.
  5. Павлов С. И., Цилевич Б. Л. Педагогические программные средства на основе математического моделирования // Информатика и образование. — 1989.—№ 6.— С. 64—69.
  6. Самарский А. А. Нелинейные явления и вычислительный эксперимент // Вестн. АН СССР. — 1985. — № 9. — С. 64—77.
  7. Раудис А. Ф. Пакеты обучающих программ по курсу школьной астрономии для микроЭВМ «Асопн» (язык программирования — BASIC; язык диалога — латышский) и для микроЭВМ «Электроника БК-0010» (ФОКАЛ; русский, латышский). — Р.: РФАП ЛатвССР. — 1987. — Рег. №№ 2075895.00373, 2075895.00374, инв. №№ ПП1023, ПП1024.
  8. Малкова Т. В., Монахов В. М. Математическое моделирование — необходимый компонент современной подготовки школьника // Математика в школе. — 1984. — № 3. — С. 46—49.
  9. Материалы к концепции общего среднего образования (Учебные предметы средней школы) / Под рук. В. М. Монахова. — М.: НИИ СиМО АПН СССР. — 1988. — 144 с.
  10. Ильин В. Е., Кочев А. А. Некоторые аспекты концепции использования ЭВМ в учебном процессе // ЭВМ в учебном процессе вуза. — Новосибирск: НГУ, 1987. — С. 3—8.
  11. Поспелов Г. Искусственный интеллект — основа новой информационной технологии // Коммунист. — 1988. — № 1. — С. 88—96.
  12. Crews Ph. Tbt EXPERT: A Case Study In Integrating Expert System Technology With Computer Assisted Instruction // The 3rd International Conference on Data Engineering (Los Angeles, 1987). — Washington, 1987. — P. 556—562.
  13. Довгялло А. М., Ющенко Е. Л. Обучающие системы нового поколения // УСиМ. — 1988. — № 1. — С. 83—86.

Latvijas Universitāte  
Matemātikas un informātikas institūts

Iesniegts 17.07.89.