

# ИМИТАЦИЯЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ ТҮСІНІГІ, МӘНІ ЖӘНЕ ҚОЛДАНЫЛУЫ

Оразымбетова А.Ш., Абдикул Ш.Н., Сейткожаева А.Т.  
Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық Техникалық Университеті  
Алматы, Қазақстан

Имитациялық модельдеуді анықтау үшін жүйе, модель, модельдеу сияқты негізгі түсініктерді нақтылау керек.

*Жүйе* – белгілі құрылымы бар және бір мақсатқа негізделген және өзара байланысты элементтердің бүтін жиыны. Жүйе ашық болады, егер ол қоршаған ортамен әрекеттесе, жабық болады, егер мұндай өзара әрекеттесу болмаса.

*Модель* – зерттеу үшін ыңғайлы нақты болмысының пішінінен айырмашылығы бар түрдегі шығыс жүйені құрайтын жүйе.

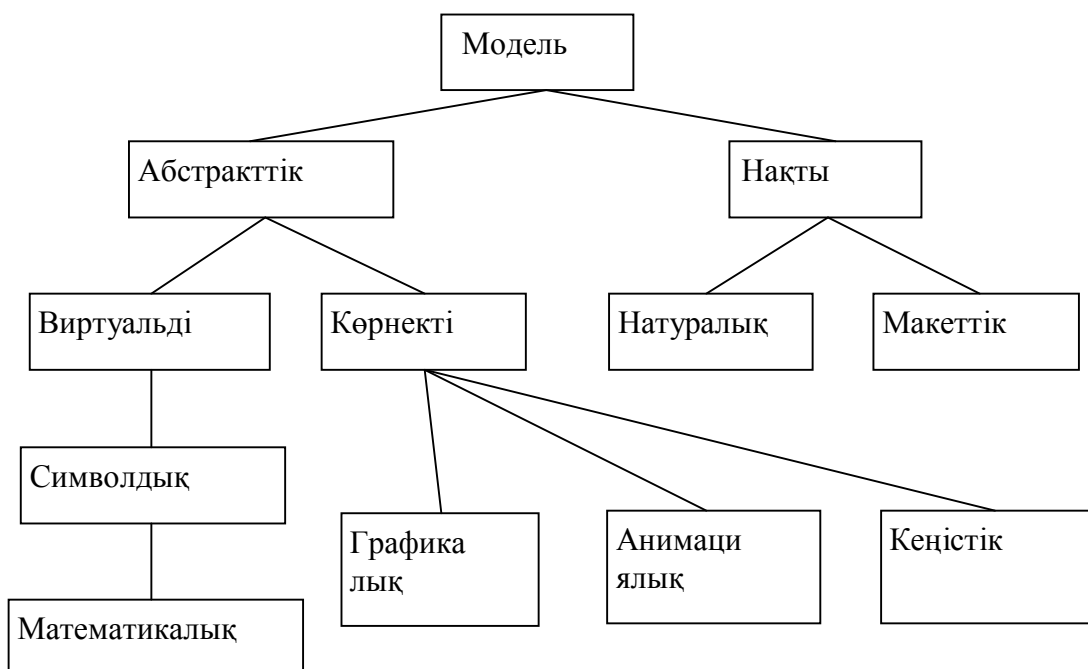
*Модельдеу* – зерттелетін объектінің (құбылыс не үрдіс) шартты түрде немесе басқа объектімен алмастырылуы және түпнұсқаның қасиеттерін модель қасиеттерін зерттеу арқылы зерттеу. [1]

Модельдеу келесі жағдайларда қолданылған дұрыс болады:

1) модель зерттелетін операция тұрғысынан түп-нұсқа қасиеттерін анық көрсетуін қамтамасыз етсе;

2) модель нақты объектіні зерттеумен байланысты мәселелерді жоюға мүмкіндік берсе.

Модельдер мен модельдеудің классификациясының бірқатар варианттары бар [1,3]. В.Н. Томашевский ұсынған классификация логикалық тұрғыдан ең жақсы болады. Негізінен, модельді жүзеге асыру тәсілі бойынша абстракттік және нақты деп бөлуге болады (1-сурет).



1-сурет. Жүзеге асыру тәсілдері бойынша модельдерді классификациялау

*Нақты* модель түп-нұсқаның зерттелетін физикалық қасиеттерінің көрінісі. *Нақты* модельдер арасында *натуралық* (физикалық), зерттелетін жүйеге толығымен сәйкес келеді, және *макеттік* (масштабтық).

*Абстракттік* модель зерттелетін жүйенің әйтеуір-бір қалыптандырылған сипаттамасы. *Виртуальді* модель адамның қоршаған орта туралы көрінісін береді. *Символикалық* (лингвистикалық) модель әйтеуір-бір абстракттік тіл көмегімен зерттелетін жүйені сипаттау. Егер жүйені сипаттау математикалық қатынастар жиыны түрінде жасалса, онда модель *математикалық* деп аталады.

Модельдердің уақытта өз қасиеттерін өзгерту қабілеттілігі бойынша модельдер *статикалық* және *динамикалық* болып бөлінеді. Модель күйін уақытта көрсету бойынша *дискреттік*, *үздіксіз* және *дискреттік-үздіксіз* модельдер болып бөлінеді. Жүйе және модельдер арасындағы қатынастары бойынша *детерминироваланған* және *стохастикалық* модельдер болып бөлінеді.

*Имитациялық модель* – жүйе құрылымын және оның элементтерінің өзара әрекеттесуін ескеретін және статистикалық тәжірибелер өткізу мүмкіндігін қамтамасыз ететін зерттелетін жүйенің уақыттағы қызмет ету логикасының *формальді сипаттамасы* [1,3].

Модель түсінігінің көп мәнділігінен модельдеу түрлерінің бір классификациясын келтіру қиын. Көбінесе *физикалық*, *компьютерлік* және *математикалық модельдеу* кездеседі. *Физикалық модельдеу* модель ретінде зерттелетін жүйенің өзі, немесе зерттелетін қасиеттердің сондай физикалық табиғаты бар модель қарастырылатындығына негізделеді. *Компьютерлік модельдеу* модельді ЭЕМ көмегімен жүзеге асыру деп анықтайды. *Математикалық модельдеу* – нақты жүйеге әйтеуір бір математикалық модельдің сәйкестігін орнату үрдісі және осы модельдің сипаттамаларын алуға мүмкіндік беретін осы модельді зерттеу. Кішірейтілген ұшақ макетін аэродинамикалық трубада тәжірибелеу физикалық, ал автомобильдің келу уақытын  $t=V_{cp}/S$  формулы бойынша модельдеу математикалық модельдеудің мысалы болып табылады.

*Аналитикалық* модельдеу элементтердің қызмет етуін белгілі математикалық қатынастармен сипатталуымен беріледі. *Сандық* модельдеу әйтеуір бір сандық әдісті пайдалануды көздейді. Статистикалық модельдеу модельденетін жүйедегі үрдістер туралы статистикалық мәліметтер алуға болады.

*Имитациялық модельдеу* (ИМ) – *берілген жүйенің қызмет етуін қамтамасыз ететін әртүрлі стратегияларды бағалауға немесе оның іс-қимылын зерттеу мақсатымен бұл модельге тәжірибелер жасау және нақты жүйенің моделін құрастыру әдісі*. Қазіргі кезде «имитациялық модельдеу» терминінен басқа «машиналық модельдеу» немесе «машиналық имитация» қолданылады.

Имитациялық модельдеу, оның ішінде машиналық имитация, бірқатар артықшылықтарға байланысты күрделі жүйелерді зерттеу кезінде көп қолданылады.

1 Жүйелерді алдын ала жобалаудың алғашқы кезеңінде қажетті ақпаратты алуға болады. Бұл белгілі дәлдікпен жүйенің қызмет ету тиімділігін анықтауға және артық материалдық шығындардан қашуға мүмкіндік береді.

2 Кез-келген жүйенің, оның ішінде нақты тәжірибелерде жүзеге асырылмайтын қызмет етуінің ерекшеліктерін зерттеуге болады. Мұнда жүйенің және қоршаған ортаның параметрлерін еркін, нақты, гипотетикалық жағдайларды қайта құрып, кең шеңберде өзгертуге болады. Осындай тәсілдемеге байланысты жүйенің қолдану тәжірибелері және күрделі зертханалық жабдықтау қажеттігі күрт азаяды.

3 Натуралық тәжірибелер және іс жүзінде пайдалану нәтижелеріне негізделіп, жүйенің іс-қимылын жақын және алыс болашақта болжауға болады. Бұл жағдайда алдында алынған мәліметтер статистикалық тәсілдеме пайдалану арқасында толықтырылады.

4 Имитациялық модельдер көмегімен техникалық және техникалық-экономикалық жүйелердің тәжірибелер жасау уақытын қысқартуға болады. Нақты шарттардың күндері мен айлары модельді «іске асыру» кезінде секундтар мен минуттарға дейін «жинақталады».

5 Үрдістердің қымбат және мүмкін емес натуралық тәжірибелерден алшақтай келе, нақты үрдістердің барысын көрсететін ақпаратты жасанды түрде үлкен көлемде және тез алуға болады.

6 Кейбір күрделі экономикалық жүйелерді зертханалық немесе натуралық тәжірибелермен және аналитикалық әдістермен жасау мүмкін емес. ЭЕМ-де имитациялық модельдеу осындай есептерді шешудің жалғыз іске асырылатын тәсілі болады.

Машиналық имитацияны күрделі есептерді шешудің сандық машиналық әдісі ретінде келесі шарттарды қолданған дұрыс:

- есептерді шешудің аналитикалық әдістерінің жарамсыздығы және жоқтығы;
- зерттелетін жүйені (үрдісті) адекватты сипаттайтын имитациялық модельді жемісті құруға толық сенімділік. Кездейсоқ шамалар мен оқиғалардың қажетті сипаттамаларын алу мүмкін емес кезде стохастикалық үрдістердің имитациялық моделін құрастырудың мәні жоқ;

- қызмет ету шарттарын жақсартуға қатысты ұсыныстарды жасау мақсатымен модельденетін жүйені алдын ала зерттеу үшін тұрғызу үрдісінің өзін пайдалану мүмкіндігі.

Машиналық имитация әдісінің негізгі кемшіліктеріне адекватты модельді құруға кеткен уақыт пен қаржы шығындарының көптігі, сондай-ақ нақты жүйенің кейбір маңызды ерекшеліктерін модельде ескеру қиындығы және мүмкін еместігі.

Имитациялық модельдер бойынша есептеулерді орындау зерттеушілердің, бағдарламалаушылардың және ЭЕМ-ның уақыт шығындарын қажет етеді. АҚШ-та машиналық имитацияны пайдалану тәжірибесі қарапайым модельді құрастырудың өзіне жұмсалған уақыт шығындары 5-6 адам-ай болады және ондаған мың доллармен бағаланылады.

Машиналық имитацияны пайдалануға қатысты шешім қабылдау кезінде күтілетін экономикалық эффектті тиісті есептеу шығындарымен салыстыру керек. Имитациялық модельді ақша эквивалентіндегі күтілетін ұтыс шығындар көлемінен 10 есе артқанда ғана құру дұрыс болады деген пікір бар.

Модельдеудің негізгі қағидалары

Модельдерді құрастыру және пайдалану кезінде жинақталған тәжірибені бірнеше негізгі қағидалармен көрсетуге болады.

*Ақпарат жеткіліктілігінің қағидасы.* Зерттелетін жүйе туралы ақпарат мүлдем жоқ болған жағдайда оның моделін құру мүмкін емес, ал толық болған жағдайда дұрыс болады. Жүйе туралы априорлы ақпараттың критикалық деңгейі болады (ақпарат жеткіліктілігінің деңгейі), оған жеткен кезде адекватты модель тұрғызыла алады.

*Дұрыстылық қағидасы.* Модель модельдеудің мәселелерін бекітудің бастапқы кезеңінде анықталатын кейбір мақсаттарына жету үшін құрастырылады.

*Орындалу қағидасы.* Модель ақырғы уақыт ішінде нольден өзгеше ықтималдықпен зерттеудің қойылған мақсатына жетуді қамтамасыз ету керек. Көбінесе  $P(t)$  модельдеу мақсатына жетудің ықтималдықтың  $PO$  бастапқы мәні, сондай-ақ бұл мақсатқа жетудің  $tO$  шекті уақыт беріледі. Модель орындалады деп есептеледі, егер  $P(t) \geq PO$  және  $t \leq tO$ .

*Модельдердің жиынтылық қағидасы.* Модель алдымен нақты жүйенің (құбылыстың) тиімділіктің таңдалған көрсеткішіне әсер ететін қасиеттерін көрсету керек. кез келген нақты модельді пайдалану кезінде нақты жағдайдың кейбір жақтары ғана көрінеді. Оның толығырақ зерттеу үшін зерттелетін үрдісті жан жағынан және детализацияның әртүрлі деңгейінде көрсетуге мүмкіндік беретін бірқатар модельдер қажет.

*Агрегаттау қағидасы.* Көптеген жағдайларда күрделі жүйені агрегаттардан (ішкі жүйелер) тұрады деуге болады, оларды адекватты формальді сипаттау үшін кейбір

стандартты математикалық сызба-нұсқалар қолданылады. Бұл қағида зерттеу мақсаттарына байланысты модельді өзгертуге мүмкіндік береді.

*Параметрлеу қағидасы.* Көптеген жағдайларда модельденетін жүйе өзінің құрамында белгілі параметрмен, оның ішінде вектормен сипатталатын ішкі жүйелері болады. Мұндай ішкі жүйелерді модельде қызмет ету үрдісін сипаттап отырмай, тиісті сандық көрсеткіштермен алмастыруға болады. Қажет болса бұл көсеткіштердің жағдайға тәуелділігін кесте, график, аналитикалық өрнек түрінде беріле алады. Параметризация қағидасы модельдеу көлемін және ұзақтығын қысқартуға мүмкіндік береді, бұл жерде параметризация модельдің адекваттылығын төмендетеді.

Имитациялық модельдер құрылымы

Жалпы жағдайда имитациялық модельдің құрылымы келесідей болады:

$$E=f(x_i, y_j), \quad (1)$$

мұнда  $E$  – жүйе іс әрекетінің нәтижесі;  $x_i$ , – басқаруға болатын айнымалылар және параметрлер;  $y_j$ , – басқару мүмкін емес айнымалылар және параметрлер;  $f$  –  $E$  көрсеткішін анықтайтын  $x_i$  және  $y_j$  арасындағы функционалдық тәуелділік.

Модельдер келесі құрамалар комбинациясынан тұрады: компоненттер, айнымалылар, параметрлер, функционалдық тәуелділіктер, шектеулер, мақсатты функциялар.

*Компоненттер* – құрама бөліктер, олар біріктірілген кезде жүйені (жүйенің элементтері немесе оның ішкі жүйелері) құрайды.

*Параметрлер* – айнымалыларға қарағанда өз еркімізше таңдауға болатын көрсеткіштер. Мысалы,  $y=7x$  теңдеуінде 7 саны– параметр, ал  $x$  және  $y$  – айнымалылар. Айнымалылар экзогенді және эндогенді болып бөлінеді. Экзогенді (тәуелсіз) айнымалылар кіріс деп те аталады, жүйе сыртында пайда болады және сыртқы факторлар әсерінің нәтижесі болады. Эндогенді (тәуелді) жүйеде пайда болады және ішкі факторлар әсерінің нәтижесі болады, көбінесе шығыс айнымалылар болып табылады.

*Функционалдық тәуелділіктер* компонент шеңберінде айнымалылар және параметрлер іс-әрекетін сипаттайды немесе жүйенің компоненттер арасындағы қатынастарды көрсетеді. Бұл қатынастар, немесе операциялық сипаттамалар детерминироваланған немесе стохастикалық болып табылады. Детерминироваланған қатынастар жүйе шығысы кезіндегі үрдіс кіріс кезінде берілген ақпаратпен анықталатын жағдайларда айнымалылар және параметрлер арасындағы тәуелділігі орнатады. Стохастикалық тәуелділіктер берілген кіріс ақпараты негізінде шығыс кезінде белгісіз ақпарат береді. Мұнда мүмкін нәтижелер жиынын, кейбір жағдайда ғана оларды алу ықтималдықтарын беруге болады.

*Шектеулер* әйтеуір-бір құралдардың (энергия, қорлар, уақыт және т.б.) тарату және жұмсалудың шектеуші шарттары және айнымалылардың мәндерінің орнатылатын өзгеру шектерін құрайды. Олар құрастырушымен (жасанды шектеулер) немесе жүйемен (табиғи шектеулер) енгізіле алады.

*Мақсатты функция (критерий функциясы)* – жүйенің мақсаттары мен міндеттерін немесе оның орындалуын бағалаудың қажетті ережелерін дәл көрсету.

Модельдерге қойылатын талаптар

Шеннон бойынша, жақсы модель келесідей болу керек:

- қарапайым және қолданушыға түсікті;
- басқаруда және айналымда ыңғайлы;
- мақсатты;
- кепілдік мағынасында сенімді;
- нақты жүйенің немесе үрдістің негізгі қасиеттерін көрсету мүмкіндігі тұрғысынан мазмұнды;
- адаптивті, басқа модификацияларға оңай өтуге және мәліміттерді жанартуға мүмкіндік беретін;
- өзінің құрылымын күрделендіру бағытында өзгертулер енгізуге болатын.

Пайдаланылган әдебиеттер тізімі:

1. Е. В. Леонтьева Материальная ответственность - М.: Информационно - издательский дом "Филинь", 1997.
2. Сивохина Н. П., Родионов В. Б., Горбунов Н. М. Логистика: Учеб. пособие. - М.: ООО "Издательство АСТ", ЗАО "РИК Русанова", 2000.
3. Бусленко В.Н. Автоматизация имитационного моделирования сложных систем - М.:Наука, 1977
4. Варфоломеев В.И. Алгоритмическое моделирование элементов экономических систем - М.: Финансы и статистика, 2000
5. Дэвид А. Марка и Клемент МакГоуэн Методология структурного анализа и проектирования (SADT)