

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ АЛОҚА ,
АХБОРОТЛАШТИРИШ ВА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ
ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ ДАВЛАТ ҚЎМИТАСИ**

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
НУКУС ФИЛИАЛИ**

Ахборот технологиялари кафедраси

**Компьютер инжиниринги факультетининг информатика
ва ахборот технологиялари йўналишининг
4-курс талабаси Курбаниязов Жасурбекнинг**

БИТИРУВ МАЛАКАВИЙ ИШИ

***Мавзуси:* Тебраниш жараенларини компьютерда моделлаштириш**

Илмий раҳбар: _____доц.Бурханов Ш.А.

Кафедра мудири: _____доц. Арзымбетов Т.З.

НУКУС - 2014 й.

МУНДАРИЖА

Кириш.....	3
§1. Моделлаштириш ҳақида асосий тушунчалар	5
§2. Моделлаштириш технологияси.....	21
§3. Биринчи тартибли дифференциал тенглама учун Коши масаласини ечиш усуллари.....	32
§4. Delphi дастурлаш муҳити имкониятлари	39
§5. Гармоник осцилятор ҳаракатини моделлаштириш.....	49
Хулоса	55
Адабиетлар.....	56
Илова.....	57

КИРИШ

Бизни кўршаган дунёни таниш ва билишни ҳарқил йўллар ва усуллар билан амалга оширса бўлади. Аммо, ҳарқил мураккаб объектларни, ҳодисаларни, жараёнларни тадқиқот қилишда, мураккаб тизимларни тузишда, ташкил этишда ва оптималлаштиришда моделлаштириш усули энг самарали усуллардан ҳисобланади. Ҳар бир техник қурилмани ишлаб чиқишдан олдин унинг модел-лойихаси ишлаб чиқилади, одам қандай да бир ишни бажаришдан олдин бўлиши мумкин бўлган ҳаракатлар кетма-кетлигин ва унинг оқибатини уйлаб иш тутати. Яъний, у қандай да бир ишни ташкиллаштиришда максимал самарадорликка эришишга ҳаракат қилади.

Моделлар ва моделлаштиришнинг бундай кенг қўлланилиш сабаблари сифатида, уларда ўтадиган жараёнларни осон регистрациялаш, тажриба ва назарий таҳлил натижаларининг мослигин текшириш имконияти ва жараёнларнинг аналитик ҳисоботини тўғридан тўғри кўзатиш билан алмаштириш, яъний тажриба тадқиқотлари асосий масалаларини самарали ечиш мумкинлиги.

Илм ва техникадаги ва бошқа да соҳалардаги моделлаштириш усулларига бўлган қизиқувчиликни оширувчи яна бир аҳамиётли факторлардан бири— бу ҳисоблаш техникаси воситаларининг ривожланиши ва кенг тарқалишидир. ЭҲМ ларда амалга оширилган моделлар ёрдамида янги ҳодисаларни урганиш, мураккаб тизимларни таҳлил этиш ва лойихалаштиришнинг деярли барча амалий масалаларини ечиш, ечимларнинг энг яхши вариантларини танлаш, ижтимоий ва иқтисодий тизимларнинг ҳолатини таҳлил этиш ва олдин айтиш ва бошқа да қўплаган масалаларни ечиш мумкин [1].

Қаралаётган битирув ишида тебраниш жараёнлари моделларини компьютерда моделлаштириш масалаларини ечишни ўрганиш ва улар ёрдамида мисоллар ечиш қаралган. Битирув иши 5 параграфдан, кириш ва яқунлаш бўлимлари, адабиётлар рўйхатидан иборат.

Ишнинг кириш бўлимида масаланинг аҳамиёти ва таркиби келтирилган.

Биринчи параграф моделлаштириш ҳақида асосий тушунчаларга бағишланган.

Иккинчи параграфда моделлаштириш технологиясига оид масалалар қаралган.

Учинчи параграфда биринчи тартибли дифференциал тенглама учун Коши масаласини ечиш усуллари ҳақида сўз этилади.

Тўртинчи параграфда Delphi дастурлаш муҳити имкониятлари келтириб ўтилган.

Бешинчи параграфда гармоник осцилятор ҳаракатини моделлаштириш масаласини ечиш усуллари ва мисоллари келтирилган.

Яқунлаш бўлимида битирув малакавий ишининг асосий натижалари кўрсатиб ўтилади.

Иловада тузилган дастур матни келтирилган.

§1. Моделлаштиришнинг ҳақида асосий тушунчалар

Моделлаштириш назариясининг предмети.

Ҳаёлий моделлар ҳақиқий дунёни назарий тушиниш ва акс эттириш шакли булиб, уни физик билиш учун катта урин эгаллайди. Шунинг учун назарий билиш ва услубий жиҳатдан моделларни шакллантириш масаласи, уларни билишда қуллаш ва бошқа моделлар, ҳаёлий ва реал тажрибалар, гипотеза, назариялар билан алоқаси катта аҳамият касб этади.

Моделлар-илмий гипотеза булиб, фанни ривожлантириш шакли сифатида куриб келгусидаги такомиллашган назария моделлари куринишида урганилади.

Ҳаёлий ва материал моделларни қуйидагича тарифлаш мумкин:

Моделлаштириш - бу бирор бир объектни (оригинални) бошқаси (модель билан) алмаштириш ва оригинални хусусиятларини моделни хусусиятларини тадқиқ этиш йули билан урганишдан иборат. Алмаштиришдан асосий мақсад оригинал хусусиятларини урганишни аниқлашни тезлаштириш, соддалаштириш, нархини камайтириш имконини беради. Умуман объект-оригинал сифатида ихтиёрий табиий ёки сунъий, реал (ҳақиқий) ёки ҳаёлий тизим булиши мумкин.

Моделлаштириш усули ҳозирги замонда купдан куп олимлар томонидан тадбиқ этилмоқда. Мисол сифатида механика, физика (қаттиқ жисмлар) химия, биология, медицина, иқтисодиёт ва бошқа соҳаларни куриш мумкин. Моделлаштириш концепциясидан мақсад асосан моделларни назария яратиш жараёнига киритишдан иборатдир, чунки идеал моделлар назарияни бошлангич босқичи булиши мумкин ёки назарияни интерпретация қилиш модели ҳам булиши мумкин.

Гипотезалар назариянинг идеаллаштирилган объектлардан фарқли булиб, назарияни интерпретация қилиш модели ёки дастлабки поғонадаги модель куринишида тасвирлаш мумкин. Гипотезалар шакиллантирилаётган моделларни дастлабки қадамлари (поғоналари) сифатида курилиши мумкин.

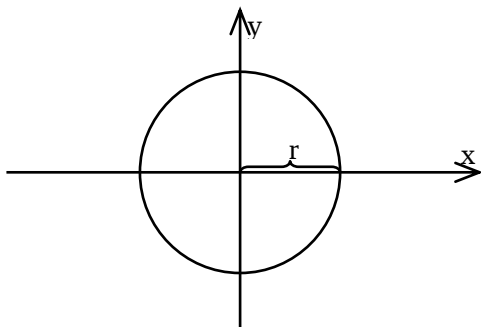
Дастлабки моделни ишлаб чиқишда тадқиқотчи интуицияси катта роль уйнайди. Бошлангич вақтларда ката миқдордаги моделлар олдинга сурилиши мумкин. Аммо тадқиқ этиш жараёнида уларнинг сони камаяди.

Модель билан ишлаш шакли сифатида ҳаёлий тажриба курилади. Айрим ҳолларда ҳаёлий тажрибаларни идеаллаштирилган дейилади, чунки улар реал тажрибалар билан боғлиқдир. Маълум миқёсда ҳаёлий тажриба реал тажрибани маълум томонларини (хусусиятларини) ҳаёлий образли реконструкция қилишдан иборатдир. Чунки, айтиладики «фikirлаш онгда тажриба утказиш маҳсулидир». Ҳаёлий тажриба шартсиз равишда ҳақиқий тажрибага қараганда қулайдир. Фикрлар бизда ҳар доим мавжуд ва ҳақиқатга нисбатан онгда тажрибаларни йиғиш (туплаш) онсондир. (Энгельмайер сузлари буйича)

Тажриба объект оригинални маълум томонларини (хусусиятларини) моделда акс эттиришни адекватлик критерияси булиб келмоқда. Тажриба ҳакам ролида булиб, модель ёрдамида олинган таъсавурларни олиб қолиш ёки ташлаб юбориш туғрисида ечимини қабул қилади.

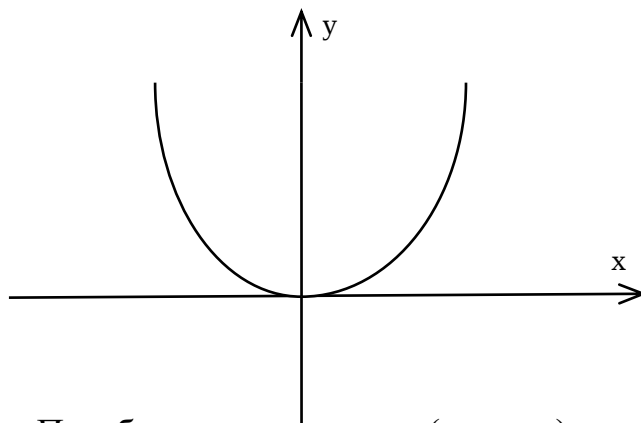
Урганилаётган ҳодиса, жараён ёки объектни математик ифодалар (муносабатлар) ва формулалар ёрдамида таъсаввур этиш жараёни математик модель дейилади. Тадқиқ этилаётган объектни моделлаштириш объектни шакиллаштиришдан бошланади, яъни мос математик моделни тузишдан иборат. Бунинг учун унинг аҳамияти касб этган томонлари (хусусиятлари) ажратиб олинади (танланади) ва математик муносабатлар ёрдамида ёзилади.

Математик моделларга мисоллар:

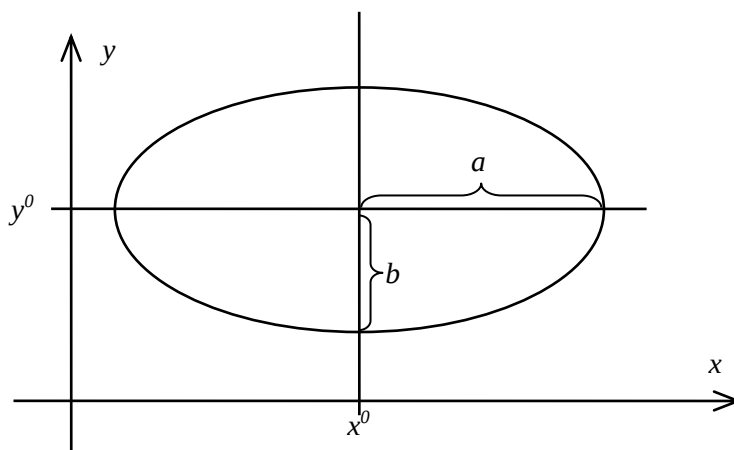


1-расм. Айланани тенгламаси (модели) $x^2+y^2=r^2$

Математик модель ташкил этилгандан сунг, яъни масалага математик шакл берилгандан сунг уни урганиш учун математик усуллардан фойдаланишимиз мумкин.



2-расм. Параболани тенгламаси (модели) $y=ax^2$



3 расм. Эллипс тенгламаси (модели) $\frac{(x - x^0)^2}{a^1} + \frac{(y - y^0)^2}{b^2} = 1$

1-чи масала: ёзув столи сиртини юзини топиш талаб этилади.

$$S = a \cdot b$$

Бу шуни англатадики, реал объект (ёзув столи) тугри бурчакли абстракт математик модели билан алмаштирилган. Туғри турт бурчакка улчовлар берилган. Бу улчовлар улчаш натижасида олинган ва бундай туғри бурчакнинг юзи қидирилаётган юзанинг тахминий қиймати олинади. Туғри туртбурчак моделини танлаш биз асосан узимизнинг куриш

хусусиятларимизга асосланади. Аммо инсон кузи юқори аниқликка эга булган улчаш асбоби эмас.

Моделлаштириш асосан моделда тадқиқ қилишга ҳалақит берувчи оригинални аломатлари мавжуд булмаган ҳолларда, ёки моделини хусусиятларини урганиш ва белгилаш имконини берувчи параметрлар мавжуд булганда мақсадга мувофиқдир.

Моделлаштириш назарияси узаро бир-бирига боглиқ булган низомлар, таърифлар, моделларни яратиш ва тадқиқ этиш усуллари, воситалари тупламидан иборат. Бу низомлар, тарифлар, усуллар, воситалар ва моделлар моделлаштириш назариясини предмети ташкил этади.

Моделлаштириш назариясини асосий масаласи тадқиқотчиларни моделларни яратиш технологиясига ургатишдан иборат. Бундай технология оригиналларини урганилаётган хусусиятларини етарли аниқлик ва тула равишда тадқиқ этиш имкониятини беради.

Объект -оригинал сифатида асосан ҳисоблаш тизимлари қурилган булиб, моделлаштиришни предмет соҳасини ташкил этади. Ҳисоблаш тизими тушунчаси бу ерда кенг маънога эга булиб, бир процессорли маълумотларни қайта ишлаш тизимидан турли дастурий таъминотли тақсимланган ҳисоблаш тизимларигача ва турли вазифаларга мулжалланган тизимлар киради. Ҳисоблаш тизимлари - бу сунъий, муҳандислик тизимлари булиб, унинг ҳамма параметри маълум. Демак, бу параметрларни тадқиқ этиш, аниқлаш имкони бор. Шунинг учун ҳисоблаш тизимларини моделлаштиришни принципиал имкони бор.

Тизимларни тадқиқ этишда моделлаштиришни урни ва аҳамияти

Моделлаштиришни илмий қидирув ишларида, муҳандислик ижод соҳасида ва умуман инсон ҳаётида баҳолаш мураккаб масаладир. Ихтиёрий ҳар қандай тизимни билиш ёки урганиш моҳияти буйича унинг моделини яратишга олиб келинади. Ҳар бир қурилма ёки иншоотни яратишдан аввал унинг модель лойихаси ишлаб чиқилади. Санъоатни ҳар қандай асари ҳақиқий дунёни борлиқни белгиловчи моделдир. Инсон бирор бир ҳаракат

қилишдан олдин мумкин булган ҳаракатлар кетма-кетлигини уйлаб куради ёки синовдан утган ҳаракатлар модели буйича бошқаради.

Конструктив моделлар, яъни системани характеристикаларини унинг параметрларига боғланишни тадқиқ этувчи ва хусусиятларини белгилаш имкони берувчи моделлар алоҳида аҳамият касб этадилар. Бундай моделлар тизимларини ишлашини оптималлаштириш имконини яратади. Оптималлаштирувчи моделлар-мураккаб тизимлар назариясини асосини ташкил этади.

Моделлаштириш илмий билиш усули ва техник масалаларни ечиш усули сифатида ҳар доим юқори баҳоланиб келинган. Техникани ривожлантириш билан механизм, машина ва иншоотлар физик моделлаштириш кенг қулланила бошланди.

Математиканинг ютуқлари турли табиатга эга булган объект ва жараёнларни математик моделлаштиришни кенг куламда тарқалишига олиб келади. Шунинг айтиб утиш керакки, физик табиати турлича булган тизимларни ишлаш динамикаси бир турдаги боғланишлар ёрдамида ёзилади, яъни бир турдаги моделлар ёрдамида тасвирлаш ёки ифодалаш мумкин. Турли -туман тизимларни таҳлил ва синтез қилишда муҳандислар фойдаланадиган ҳисоблаш формулалари бундай тизимларни математик моделлардан келтириб чиқарилган.

Имитацион моделлаштириш услубиятини ишлаб чиқиш натижасида моделлаштириш янада сифатли янги поғонага қутарилди. Бу шундан иборатки, моделлаштириш ёрдамида тадқиқ этиладиган тизимлар синфи янада кенгайди. Ҳозирги замонавий ҳисоблаш техникасини янги имкониятларини чуқурлашуви ва кенгайиши моделлаштиришдан фойдаланиш соҳаларини янада кенгайишига ва ривожлантиришига олиб келади. Ҳозирги шароитларда илмий-техник прогрессни жадаллашуви натижасида чегараланган моддий, иш, энергетик ва вақт ресурслари асосида юқори самарадорликка эришиш шартлари буйича моделлаштириш алоҳида аҳамиятга эга булмоқда.

Ҳозирги даврда моделлаштириш қулланилмайдиган инсон фаолияти соҳасини топиш қийиндир. Масалан, автомобилларни ишлаб чиқариш модели, бугдойни етиштириш, инсон органларини ишлаш моделлари, Азов денгизини ҳаёт фаолияти, атом уришининг оқибатлари ва ҳ.к. Келгусида ҳар бир тизимни узининг моделлари яратилиши мумкин, ҳар бир техник ёки ташкилий лойихани ишлатишдан (қулланишдан) аввал уни моделлаштириш зарур.

Мутахассисларни айтиши буйича ҳисоблаш тизимларининг асосий вазифаси моделлаштиришдан иборат булади. Ҳақиқатдан ҳозирги даврда ҳисоблаш техникасини амалиётда тадбиқ этиш технологик жараёнларни бошқаришни автоматлаштирилган тизимларга, ташкилий-иқтисодий комплекслари ва лойихалаш жараёнларини автоматлаштирилган бошқариш тизимларини ҳамда маълумотлар омборини кенг куламда яратиш каби йуналишларда қулланилмоқда. Аммо ҳар қандай бошқариш тизими бошқариладиган объект ёки жараён ҳақидаги ахборотга мухтож булади. Шунинг учун ҳисоблаш техникаси моделлаштириш учун ишлатиш (фойдаланиш) биринчи даражали аҳамиятга эгадир.

Ҳисоблаш тизимлари мураккаб ва қиммат баҳога эга булганликлари учун мослаштириш объектлари булишлари мумкин ва зарур.

Моделлаштириш ҳисоблаш тизимларини лойихалаш босқичида, мавжуд ишлатилаётган тизимларни ишлашини электромол шароитларда таҳлил этиш ёки тизимни таркиби, структураси, бошқариш турлари ёки иш ҳажминини узгаришини урганиш жараёнлари учун фойдаланилади. Дастлаб танлаб олинган лойиха ечимини таҳлил қилиш моделлаштириш билан амалга оширилади. Бу эса уз навбатида келажакдаги тизимнинг кутиладиган характеристикаларини аниқлашни имконини беради, унинг кучли ва кучсиз томонларини аниқлашга асос булади. Агар унинг характеристикалари қуйилган талабларни қаноатлантирмаса таҳлил асосида лойихада узгартиришлар киритилади. Сунгра яна моделлаштириш утказилади. Бу

жараён ишлаб чиқиладиган тизимни ишлаш сифат курсаткичлари талаб даражасига етгунча давом эттирилади.

Ҳозирги даврда ишлаб турган тизимларни моделлаштириш ёрдамида тизимларни ишлаш жараёнини чегаравий шартларини аниқлашда, экстримал шароитларни имитация қилишда фойдаланилади. Бундай шароитлари сунъий яратиш бир қанча қийинчиликларга олиб келади ва нохуш оқибатларга олиб келиши мумкин.

Моделларни синфлари

Физик моделлар. Моделларни синфларга ажратишга асос қилиб, моделни оригиналдан абстракциялаш (мавхумлаш) даражаси олинган. Дастлаб ҳамма моделларни икки гуруҳга ажратиш мумкин. Моддий (физик) ва абстрак (математик).

Физик модел деб оригиналга эквиволент ёки ухшаш булган тизимлар тушинилади. Бошқача йтганада ишлаш жараёни оригиналга ухшаш булган у ёки бу физик табиатга эга булган тизимларга айтилади. Физик моделларни қуйидаги турларини курсатиш мумкин: натурали, квазинатурави, масштаб ва аналог моделлар.

Натуравий моделлар - бу реал тадқиқ этиладиган тизимлардир. Уларни макетлар ёки тажриба қурилиши дейилади. Бундай моделлар тизим-оригиналларга тула адекват булади ва натижада моделлаштириш натижаларини юқори аниқлигини ва ишончлилигини таъминлайди. Ҳисоблаш тизимларини лойихалаш жараёни тажриба қурилишларини синаш билан яқунланади.

Квазинатуравий моделлар -натуравий ва математик моделлар мажмуасидан иборат. Масштаб моделлар - бу оригиналлик қандай физик табиатга эга булса шундай табиатли тизим булиб, фақат масштаблари билан фарқланадиган тизимдир. Масштаб моделлаштиришни услубият асоси булиб, ухшашлик назарияси олинган. Бу назария бўйича оригинал билан модель геометрик ухшашлик сақланиши лозим ва уларни параметлари мос масштабларда булиши лозим.

Аналог моделлар - деб шундай моделларга айтиладики, оригиналдан физик табиатга нисбатан фарқ қилувчи, аммо ишлаш жараёни оригиналга ухшаш булган моделларга айтилади. Бундай моделларда асосий шартлардан бири бу урганилаётган объект билан модель параметрлари орасида бир қийматли мос келишлик булиши, ҳамда бу тизимлардаги жараёнларни улчамга эга булмаган математик ёзилиши айният шаклида булиши зарур. Аналог моделларни яратиш учун урганилаётган тизимларни математик тафсифлаш зарур. Аналог моделлар сифатида механик, гидравлик, пневматик тизимлар ишлатилиши мумкин. Аммо купгина ҳолларда электр ва электрон аналог моделлар кенг кулланилади. Чунки токни кучи ва кучланиш бошқа табиатга эга булган физик катталиклар аналоги булади. Аналог моделларни асосий хусусиятлари параметрларни миқдорий узгариши ва улчамларига адаптация (мослаштириш) қилиниши содда ва тезкордир. Аналог моделлар ҳисоблаш техникасини воситаларини мантиқан элементлар ва электр занжирлари сатҳида тадқиқот утказишда ёки тизим сатҳида тизимлар ишлаши, масалан: дифференциал ёи алгебрик тенгликлар ёрдамида ёзилиш сатҳида фойдаланилади.

Математик моделлар-математик модел тизимини абстракт тилда формал тафсифлашдан иборат. Масалан, хусусан тизимни ишлашини математик ифодалар ёрдамида моделни яратиш учун ихтиёрий математик воситалар - алгебрик, дифференциал ва интеграл ҳисоблаш, тупламлар назарияси, алгоритмлар назарияси ва бошқалар ишлатилиши мумкин. Моҳияти буйича ҳамма математика объект ва жараёнларни моделларини яратиш ва тадқиқ этиш учун яратилган.

Моделлаштириш мақсади ва оригиналнинг характерли томонлари моделларни жиҳатларини ва уларни тадқиқ этиш усулларини аниқлайди. Масалан: математик моделларни детерминистик ва эҳтимоллик (стахастик) синфларга ажратиш мумкин. Биринчиси моделни характеристикаси ва параметрлари орасидаги узаро мос келишликни аниқласа, иккинчиси бу катталикларни статистик қийматлари орасидаги мосликни аниқлайди. У ёки

бу турдаги моделни танлаш тасодифий факторларни ҳисобга олиш зарурлиги даражасига асосланган. Математик моделларни тадқиқ этиш усуллари қуйидаги турларга бўлинади; аналитик, сонли, имитацион.

Аналитик модель деб тизимни шундай формал тавфсифлашга айтиладики, маълум математик аппаратдан фойдаланилган ҳолда тенглама ечимини яққол қурилишда олиш имконини беради.

Сонли модель - шундай турдаги боғланиш билан характерланадики, аниқ бошланғич шароитлар ва моделни миқдорий параметрлари учун фақат хусусий ечимларини топиш имконини беради.

Имитацион модель - бу ташқи ва ички таъсирлар остидаги тизимларни ёзиш мажмуаси ва ташқи таъсирлар, тизимнинг ишлаш алгоритмлари ёки тизимни ҳолатларини узгариш қондасидан иборат. Бу алгоритм ва қондалар мавжуд бўлган анатомик ва сонли ечимларни аниқлашни имконини бермайди, аммо тизимни ишлаш жараёнини имитация қилиш (қучириш) ва қизиқтираётган характеристикаларни (курсаткичларни) улчаш ёки аниқлаш имконини беради.

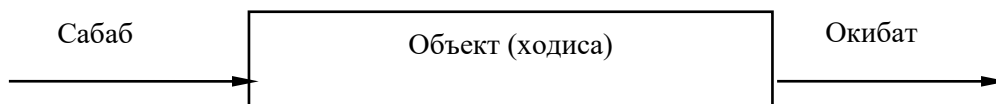
Имитацион моделлар анатомик ва сонли моделлардан фарқлироқ кенг синфдаги объект ва жараёнлар учун яратилиши мумкин. Имитацион моделлардан фойдаланиш учун одатда имитацион моделларни тасвирлаш (ёзиш) воситалари универсал ёки махсус алгоритмик тиллар хизмат қилади. Имитацион моделлар купроқ даражада ҳисоблаш тизимларини поғонада тадқиқ этишга мулжалланган.

Билиш ва бошқариш жараёнларида моделлаштириш

Моделлаштириш муаммоси билан биз асосан икки ҳолда дуч келамиз: биринчидан, билиш жараёнларида, яъни объект ва жараёнларни билиш моделини тузишда, иккинчидан бошқариш жараёнларида, яъни объектни мақсадга томон йуналтирилган бошқаришда, яъни инсон томонидан қуйилган мақсадга эришиш учун.

Билиш жараёнида билиш модели яратилади. Бу модель зарурий қурилишда объектни ишлаш механизмни акс эттиради. Бундай

моделлаштиришга мисол сифатида бизни ураб турган табиатни урганишни олиш мумкин. Табиат хусусиятларини тушинтира олиш, уларни узаро богланиши, механизмларни таҳлил этиш ва ҳ.к. -мана бундай моделлаштиришни асосий масалаларни ташкил этади. Бундай моделлаштириш билишдан кам фарқланади. Моделларни асосий мақсади шундай моделлар яратиш керакки улар инсон учун муҳим бўлган табиат объектларини акс эттирувчи моделлар ишлаб чиқишдан иборат. Бундай хусусиятлар ҳар бир объект ёки ҳодисадаги сабаб - оқибат богланишларини турлича қуринишда акс эттирилиши билан ифодаланади. Бундай богланишларни бирор бир сабабни оқибатга «узгартирувчи» қуринишда тасвирлаш мумкин.



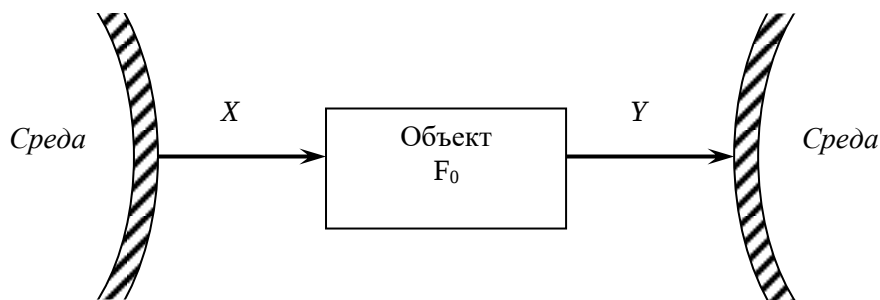
4 расм. Билиш объектини тасвирлаш.

«Узгартирувчи» ни «ишлашини» бирор бир тилда ёзиш модель дейилади. Демак модель дейилганда шундай фикрлаш тушиниладики (ихтиёрий тилда - математик, график, алгоритмик, сузлашув ва ҳ.к.) кузатилаётган ҳодисани имитация қилиш имконини берсин. Конкрет мақсадлар модель ёзиладиган тилни ҳам аниқлаштиради. Маълумки, қўпгина техник ва физик моделларни ёзиш математика тилидан амалга оширилади.

Сабабни X билан, оқибатни эса Y билан белгилаймиз. Булар орасидаги богланишни шартли равишда қуйидаги қуринишда ёзамиз

$$Y=F(X),$$

Бунда F - сабабини X -оқибатга Y - узгартириш қондаси. Бу моделни ташкил этади. F ни моделни оператори дейилади.



5 расм. Объектни ташқи мухит билан узарор таъсири.

Қуйидаги 5-расмда моделлаштирилаётган объектни ташқи мухит билан узаро таъсири курсатилган. Бу узаро таъсирлар X ва Y каналлари буйича содир бўлади. X канали буйича ташқи мухит объектига таъсир этади, Y канали буйича объект ташқи мухитга таъсир этади.

Моделлаштириш масаласи оператор F ни топишга мулжалланган бўлиб, оператор F объектни кириш ва чиқишларини боғлаб туради.

Фараз қилайлик $x_1, x_2, \dots, x_N$ объектни киришини кузатиш бўлсин, $y_1, y_2, \dots, y_N$ мос равишда дискрет вақт дақиқаларидаги $1, 2, \dots, N$ чиқишни кузатишлари бўлсин. Бу кузатишлар объектни номаълум оператори F_0 билан боғлаган, яъни

$$Y_i = F_0(x_i) \quad (i=1, 2, \dots, N)$$

Моделлаштириш масаласи шундай модель оператори F ни тузимдан (синтез қилишдан) иборатдир, яъни F_0 кузатишлар буйича x_i ва y_i ни баҳосини олишдан иборат. Табиийки бирор бир критерий буйича модель оператори F объект оператори F_0 яқин бўлишлиги талаб этилади, яъни $F \sim F_0$.

Билиш моделларини аҳамиятли хусусиятлари шундан ибратки объект ёки ҳодиса механизмлари оператор F структурасида акс этирилишидир, яъни объектдаги моделлаштириш жараёнида аниқланган ҳамма сабаб - оқибат боғланишлари акс этирилишидир. Агар бу узаро боғланишларни ҳисобга олмаслик моделни билиш томонлари маълум камчиликларга олиб келиши

мумкин. Яъни билиш учун қандай бу жараён содир булиши етарли булмай балки нима учун бу жараён содир булиш сабабларини ҳам аниқлаш керак.

Моделлаштиришни бошқа турдаги куриниш –бу объектни бошқариш талабларига бевосита боғланган булиб, бошқаришга нисбатан ёрдамчи характерга эга. Ҳақиқатдан бошқариш учун олдиндан нимани бошқариш кераклигини, яъни объект моделига эга булиш ва унда бошқаришни оқибатини синаб куриш ва улардан энг яхшисини танлаб олиш зарур. Шунинг учун бу турдаги моделлаштириш жараёнларида шундай модел яратиш керакки, у бошқариш талабларига жавоб бериши керак.

Шу сабабли, «бошқариш» тушинчаси нимани ангалатади ва бошқариладиган объектни моделига талаблар қуйилишини аниқлаб олиш керак. Бошқариш деб - объектга шундай мақсадага йуналтирилган таъсир курсатиш жараёни тушиниладики, натижада бошқаришгача нисбатан объект маълум маънода қуйилган мақсадларни бажаришга «яқинроқ» булади.

Бу ерда X -бошқарилмайдиган, аммо назорат қилинадиган ташкил этувчи; U -бошқариладиган ташкил этувчи; Y -объект ҳолати ҳақидаги ахборат;

Бошқаришни ташкил қилиш (синтез) учун дастлаб мақсадни Z аниқлаш керак, яъни объектга таъсир қилиш жараёнида бошқариш қурилмаси нимага интилиши керак ва бошқариш нуқтаси назаридан объект қандай булиши зъарур. Аммо бундан ташқари бошқариш алгаритми A ҳам берилиши зарур, яъни бу мақсадга қандай эришиш мумкинлиги курсатилиши керак.

Шундай қилиб бошқариш қуйидаги туртлик билан амалга оширилади.

$$\langle U, I = \langle X, Y \rangle, A, Z \rangle,$$

Бу ерда U бошқариш тасвири; $I = \langle X, Y \rangle$ ташқи муҳит ва объект ҳолати ҳақидаги ахборат; A алгоритм; Z бошқариш мақсади.

Моделлаштирилаётган объектларни синфлари.

Моделлаштириш масаласи моҳияти объектни сифат ва миқдори томонларини акс эттирувчи модель операторини тузиш (яратиш) мақсадидан иборатдир. Бу масалани 7-расмда келтирилаётган схема ёрдамида

шакиллантириш ва ечиш мумкин. Тарихий нуқтаий назаридан мавжуд ечиш усуллари бир-биридан мустақил равишда ишлаб чиқилиб турли масалаларни ечимини топиш билан боғлиқдир. Бу усулларни вужудга келтирган масалалар синфлари динамик ва статик объектлар тушунчалари асосида амалага оширилиши мумкин.

Моделлаштириш процедурасига жалб этилган энг дастлабки ва оддий объектлар сифатида детерминстик (стохастик бўлмаган) объектлар олинган, яъни объект кириш ва чиқишларни боғловчи регуляр функциядир. Бундай ҳолат моделлаштириш назариясида дастлабки ёндошишни келиб чиқишига олиб келади. Бу ёндошиш математик таҳлилда тахминий функцияларни куп хадлар билан алмаштириш қуринишида маълум ва узининг бошлангич босқичларини П.Л. Чебишев ишларидан олади. Бу йуналиш функцияларни бирор-бир функциялар тизими бўйича тақсимлаш (купгина ҳолларда полиномлар тизими бўйича) билан боғланган. Бу назарияда иккита йуналиш мавжуд: аппроксимациялаш назарияси ва ахборот назарияси.

Стохастик объектларни идентификациялаш учун эса математик статистика усулларидан фойдаланилади. Бу йуналишда иккита назария бор. Баҳолаш назарияси ва тажрибаларни режалаштириш.

Баҳолаш назариясини асосий масаласи бўлиб, тасодифий таъсирлар ва ҳалақитлар мавжуд бўлганда кузатишлар бўйича объектни номаълум параметрларини баҳолашдан иборат.

Тажрибаларни режалаштириш назариясида стохастик объектларни номаълум параметрларни аниқлаш мақсадида актив ва пасив тажрибаларни утқозиш жараёнлари қурилади.

Динамик объектларни моделлаштиришга бўлган учинчи ёндошиш автоматик бошқариш тизимлари назариясини усуллари ҳисобланади. Бу назарияда динамик объектларни нормал табиӣ ишлатиш режимида (яъни ҳалақитлар ва тасодифий таъсирлар остида) махсус моделлаштириш усуллари ишлаб чиқарилган.

Моделлаштиришнинг асосий босқичлари

Моделлаштириш учун моделни яратиш ва уни тадбиқ этиш зарур. Моделни яратишдан аввал моделлаштириш мақсади аниқланади. Тадбиқ этилгандан сунг моделлаштириш натижалари таҳлил этилади. Моделни яратиш бир неча босқичлардан иборат. Бу объектни ва ташқи таъсирларни ургатишдан бошланади ва математик моделни танлаш ёки ишлаб чиқиш билан ёки ҳисоблаш системалари учун дастур ишлаб чиқиш билан тугайди.

Баъзи бир математик моделлар ҳисоблаш техникаси воситаларисиз тадбиқ этишлиши мумкин, аммо келгусида тадбиқ этилган моделлар албатта ҳисоблаш техникаси ёрдамида тадбиқ этилади. Шундай қилиб ҳисоблаш системалари ёрдамида утқазилган моделлаштириш жараенини қуйидаги қатталаштирилган босқичлардан иборат: мақсадни шакитиллантириш, объектни урганиш, тавсифли моделлаштириш, математик моделлаштириш, масалани ечимини топиш усулини танлаш ёки ишлаб чиқиш, ЭХМ учун дастур тайёрлаш, ЭХМда дастурни утказиш, олинган моделлаштириш натижаларини таҳлил қилиш ва ечим қабул қилиш.

Объектларни (жараёнларни, ҳодисаларни) моделлаштириш босқичлари:

1.Мақсадни шакиллантириш. Ҳаар қандай моделлаштириш масаласи, муаммоси асосида субъект (инсон) объектдан нимани кутади, нимага интилиш зарур каби ахборат ётади, яъни унинг мақсади $\{Z\}$ нимадан иборат. Айнан манна шу ахборат объектни аниқлайди. Бундай парадокслар сода ечилади. Субъект узининг узининг мақсадини шакиллантираётганда объект ҳақида ҳар доим дастлабки тасаввурларга эбулади. Бу тасаввурлар таҳминий бўлиб, моделлаштириш мақсадини самарали шакиллантириш учун етарли булган объект хусусиятларини акс эттиради. Одатда моделлаштириш масалаларда мақсад функция қурилишида берилган бирор бир критерийни максималлаштириш ёки минималлаштириш йули билан эришилади.

2.Объектни урганиш. Бунда содир булаётган жараён урганилади, объектни қуриб турган ташқи муҳит чегараси аниқланади. Бундан ташқари

бу босқичда тадқиқ этилаётган объектни ҳамма кириш ва чиқиш параметрлари тадқиқ этилади ва уларни моделлаштириш мақсадига эришишга булган таъсири урганилади.

3.Тавсифли моделлаштириш. Объектни кириш ва чиқиш параметрларини узаро боғланишини белгилаш ва Суз билан ёзиш.

4.Математик моделлаштириш. Тавсифли моделни математик формал тилга угириш. Мақсадни бирор бир мақсад функция деб айтилувчи функция курунишида ёзиш. Объектни ҳаракати маълум бир ифодалар ёрдамида ёзилади. Бу ифодалар объектни кириш ва чиқиш параметрлари орасидаги боғланишни ифодалайди. Бу босқичда объектни мураккаблигига караб математик ҳарактерга ҳос булган қийинчиликлар мавжуд булади. Бундай масалаларга математик дастурлаш, чизикли алгебра, дифференциал ва интеграл ҳисоблаш ва бошқалар булиши мумкин.

5.Масалани ечиш усулини танлаш ёки яратиш. Бу босқичда вужудга келган математик масала учун мос келувчи усул танланади. Усул танлашда асоан усулнинг мураккаблигига ва талаб этувчи ҳисоблаш ресурсларига эътибор бериш мумкин. Агар мавжуд булган усуллар талабига жавоб бермаса янги усул ишлаб чиқаришга тугри келади. Купгина ҳолларда ҳисоблаш ҳарактеристикалари буйича самарали булган ишлаб чиқилади.

6.Масалани ЭҲМ да ечиш учун дастур танлаш ёки ишлаб чиқиш.

Бу босқичда танлаб олинган усулни ЭҲМдан утказиш учун мос дастур танланади. Агар бундай дастур мавжуд булмаса янги дастур яратиш зарур.

7.ЭҲМ да масалани ечиш.

Масалани ечиш учун зарур аҳборат ЭҲМ хотирасига дастур билан киритилади. Мос дастур ёрдамида мақасдли аҳборатни қайта ишланади ва қулай курунишда ечиш натижалари олинади.

8.Олинган ечимни таҳлил қилиш.

Ечим таҳлили икки курунишда булади: формал (математик) яъни бунда тузилган математик моделдан олинган ечимни мослиги ва мазмуний (иқтисодий, технологик ва ҳ.к.) яъни олинган натижаларни

моделлаштирилган объектга мослигини текшириш. Таҳлил қилиш натижасида моделга узгартиришлар ёки аниқликлар киритилиши мумкин ва курилган жараён қайтадан такрорланиши мумкин. Танланган курсаткич буйича объект фаолиятини етарли аниқликда ифодаласа модель яратилган ва тугалланган ҳисобанади. Ана шундан сунг моделни турли ҳисоблашларда фойдаланиш мумкин.

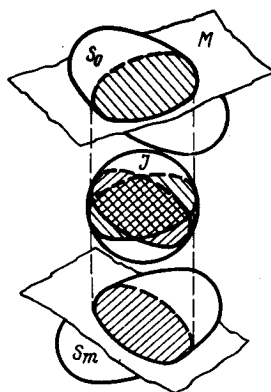
§2. Моделлаштириш технологияси

Концептуаль моделни яратиш

Таъриф ва оентация (мулжал) Моделни ишлаб чиқаришда тавсифлашни шартли равишда қуйидаги поғоналарга бўлиш мумкин: концептуаль математик ва дастурий. Бу поғоналада моделлар яратилади.

Концептуаль (мазмунли) модель-абстракт модель бўлиб, тизимни S_0 таркиби ва структурасини, элементлар хусусиятини ва сабаб-оқибат боғланишларини аниқлайди. Концептуаль моделда отда Суз билан тадқиқ этилаётган тизимнинг элементар ҳодисалари ҳақида хабарлар берилади. Бундан ташқари элементар ҳодисалар орасидаги узаро таъсир тури ва даражаси, ҳар бир элементар ҳодисани тизимни ишлаши умумий жараёндаги урни ва аҳамияти тавсифланади.

Дастлаб концептуаль модель тадқиқотчини онгида вужудга келади. Модель моделлаштириш мақсадига мос равишда тизимни маълум хусусиятларини аниқлашга қаратилган бўлади. Бу жараён М- оентация дейилади. Тадқиқотчи тизими ҳаёлий кесм билан қизиқтирган хусусиятлари тарифланади.



1.Расм. Концептуал моделни тасвирлаш

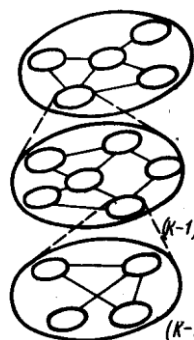
Концептуаль моделни ишлаб чиқиш тизимини S_0 чуқур билишни тадаб этади, чунки моделда қатнашадиган ва моделлаштириш натижаларига аҳамиятли таъсир этмайдиган параметрларни танлаб олинади.

Моделни яратишда асосий муаммолардан бири бу моделни оддийлиги ва адекватлиги уртасида компромиссни аниқлашдир. Компромисс ечимини

топишни формал усуллари мавжуд эмас. Бу муаммо асосан тадқиқчининг тизим ҳақидаги билимларига, ҳисоблаш боҳоларига тажрибасига боғлиқ. Шунинг учун моделлаштириш фақат Фан булбгина қолмасдан, балки санъат ҳамдир. Мулжалланмаган моделни тузишда купинча фойдали ва ташқи муҳитнинг таъсирлари аниқланади.

Стратификация.

Концентуал моделни яратишдаги кейинги қадам моделни деталлаштириш соҳасини танлаш ҳисобланади.



2.Расм. Модел поғоналари.

Маълумки, ҳар қандай ихтиёрий тизим, шу жумладан ҳисоблаш тизимлари- бу купдан -куп элементлар бирлигидир. Ҳар бир тизим хусусиятлардан бири унинг кичик булакларга булинишидир. Шунинг учун тизимлар қисмлар (қисм булаклар, элементлар) мажмуаси шаклда тасвирланади. Бу мажмуага тизимни бутунлигига сақлаб қолувчи ҳамма булаклар киритилади. Бирор-бир элементни моделдан чиқариб ташлаш тизими асосий хусусиятларини йўқотилишига олиб келмаслиги лозим.

Иккинчи томондан эса тизимни ҳар бир булагига бир нечта элементлар мажмуасидан иборатдир ва бу булак ҳам майда элементларга булинади. Шунинг ҳисобга олган ҳолда деталлаштириш поғонасини танлаш муаммоси моделларни иерархик кетма-кетлигини куриш билан ечимни топиш мумкин. Ҳар бир поғонада тизимни ҳарактерли хусусиятлари, узгарувчилар, принциплар ва боғланишлар мавжудки, булар ёрдамида тизим ҳаракати ёзилади.

Деталлаштириш погоналари стартлар дейилади, погоналарни ажратиш эса стратификация дейилади. Стартларни танлаш моделлаштириш мақсадида ва элементларни хусусиятини олдиндан билиш даражасига боглиқ. Бирор бир тизим учун турли стартлар ишлатилиши мумкин. Одатда моделга фақат деталлаштиришни битта погона элементлари ишлатилади. S_{ok} чи старт. Баъзи ҳолларда моделда турли старт элементлари ҳам иштирок этиши мумкин. Агар алоҳида элементларни умум тизим (функционал) хусусиятлари ҳақида кам маълумот булса, ёки уларни тавсиялаш қийин булса, бундай ҳолларда ҳар бир элемен учун моделда қуйи стартдан унинг деталлаштирилган тавсиялари киртилиши мумкин, яъни (К-1) стартдан. Бу қуйи погона элементларини ҳам булакларга булиш ва уларни (К-2) старт погона элементлари тавсифлари билан алмаштириш мумкин.

Мулжалланган ва стратификацияланган концентуаль моделни тизишда қуйидаги йуриқномадан фойдаланиш мумкин. Моделга тизимни ҳамма параметрлари киритилиши лозимки, биринчи навбатда бу параметрлар моделлаштириш жараёнида варкациялаш билан тадқиқотчини қизиқтирувчи характеристикаларни конкрет ташқи муҳит таъсирларида берилган вақт интервалда T аниқлаш имкониятини берсин. Колган параметрларни (узгарувчилар) ни моделдан учириб ташлаш керак.

Деталлаштириш. Ҳар қандай ихтиёрий тизимни ишлашни модда, ёқилги ёки ахборатни узгартириш технологик жараёнини бажариши қурунишда тасарруф этиш мумкин. Ҳар бир жараён элементар амаллар кетма-кетлигидан ташкил топади. Ҳар бир элементар амални бажариши аниқ захира (ресурс)- элемент билан таъминланади. Шунинг учун моделда бажарувчи ҳамма технологик жараёнларни бажарилишини тамирловчи ҳамма элементлар қатнашиши зарур. Бундан ташқари моделга захираларни бошқариш учун ва узгартирилаётган объектларни сақлаш учун зарур булган элементлар ҳам киритиш мумкин. Бундай қоидаларни ишлатилиши учун элементар амал тушунчаси тарифини аниқлаш талаб этилади.

Локаллаштириш. концептуал моделни яратишни кейинги қадами бу локаллаштириш, яъни ташқи муҳитни ташқи таъсирлар генератори шаклида тасвирлашдан иборат. Бундай генераторлар модель таркибига элемент сифатида киритилади. Зарур бўлганда улар тизимни киришга асосий дастлабки объектларни модда (ҳомашё, ярим фабрикатлар, комплект қисмлар) ёқилги, энергия ёки ахборот тизимлари учун маълумотлар генераторларга дифференциалланади. Бундан ташқари тулдирувчи (таъминловчи) объектлар ва энергия генераторлари, бошқарувчи ва салбий таъсир генераторлари ҳам мавжуд бўлади. Салбий таъсир генераторлари тизимни нормал ишлаш жараёнини бузади. Тизимни чиқиш таъсирларини қабул қилувчи моделга киритилмайди. Фараз қилинадиги тизимни ишлаш натижалари, яъний асосий узгартириладиган маҳсулотлар, қушимча маҳсулот ва ахлатлар, тизимни ҳолати ҳақидаги ахборот ва ташқи тизимларга бўладиган бошқариш таъсирлари ташқи муҳит томонидан тула ва тухтовсиз юритилади.

Моделни структурасини тузиш элементлар орасидаги узаро алоқаларни курсатиш (ифодалаш) билан тугайди. Алоқа моддий ва ахборотли қуринишларга (турларга) бўлинади. Моддий алоқалар узгартириладиган маҳсулотни битта элементдан иккинчи элементга мумкин бўлган утиш йулларини акс эттиради. Ахборотли алоқалар эса элементлар орасидаги бошқариш ва ҳолатлар ҳақидаги ахборотни узатишни таъминлайди. Шунинг айтиб утиш лозимки, моддий ва ахборотли алоқалар тизимида бирор - бир моддий алоқа канали билан акс эттириш шарт эмас. Оддий тизимларда бир функцияли элементлардан иборат, яъни биттадан ортиқ бўлмаган моддий алоқага эга бўлган тизимларда ахборот алоқалари умуман мавжуд бўлмаслиги мумкин. Бундай тизимларда ишлаш жараёнини бошқариш унинг структураси билан аниқланади, яъни уларда бошқариш структурали бошқариш принципи билан амалга оширилади. Бундай тизимлар мисол сифатида мантиқ элементлари ва анолог ҳисоблаш машиналарни келтириш мумкин.

Мураккаб тизимларда, яъни куп функционал элементли ёки биттадан ортиқ чиқиш моддий алоқаларга эга булган тизимларда бошқариш воситалари (ечувчи элементлар) ва мос ахборот алоқалар мавжуд булади. Бошқариш курсатма бериш учун, яъни қайси элемент дастлабки объектни қачон ва қайердан олиш, узгартириш учун қандай операцияни (амални) бажариш ва қаерга узатиш кераклигини талаб қилади. Бундай тизимларни дастурий ёки алгоритмик бошқариш принципида ишлайди дейилади. Концептуаль моделда ҳамма ечувчи қоидалар ва ишчи нагрузкани (элементларни жараёнлари) бошқаришни аниқлаштириш керак.

ДАСТЛАБКИ МАТЕРИАЛЛАРНИ ТАЙЁРЛАШ.

Факт маълумотларни туплаш.

Концептуаль моделни яратишда объектни ва ташқи муҳитни таъсирларни сифат (функционал) ва миқдорий параметрларни аниқланади. Миқдорий параметрлар учун моделлаштиришда дастлабки маълумотлар сифатида фойдаланувчи параметрларни аниқ қийматларини аниқлаш зарур. Бу куп меҳнат талаб этувчи ва маъсулиятли босқич. Бу моделлаштиришни натижаларига катта таъсир этади. Маълумки, моделлаштириш натижаларини ишончлилиги ва аниқлилиги дастлабки маълумотларни аниқлашга ва тулалигига боглиқ. Концептуаль моделни бошлангич босқичларида купинча моделга аниқ кировчи параметрлар аниқланади. Бу параметрлар буйича дастлабки маълумотларни туплаш (йигиш) концептуал моделни ишлаб чиқиш билан паралелл олиб бориш мумкин. Концептуаль моделни аниқлаштириш қолган параметрлар ҳам топилади. Дастлабки маълумотларни туплаш қуйидаги сабаблар буйича мураккаблашишади. Биринчидан параметрлар қиймати фақат детерминистик булибгина қолмай, балкий стохастик ҳаракатерга эга булиши мумкин. Иккинчидан, ҳамма параметрлар стационар булавермайди. Айниқса бу ташқи муҳит таъсирига тегишлидир. Учинчидан, купгина ҳолларда мавжуд булмаган (лойиҳалаштирилаётган, модернизация қилинаётган) тизимлар ёки янги шароитларда ишлайдиган тизимларни моделлаштириш ҳақида гап боради.

Параметрларни катта қисми - бу табиат буйича тасодифий миқдорлардир. Аммо соддалаштириш мақсадида улар детермистик буйича қийматлари билан ифодаланади. Бундай қилиш учун агар тасодифий миқдор катта булмаган силжишларга эга булса, ёки моделлаштириш мақсадига уртача қийматлар буйича эришиш мумкин булса.

Моделни яратишда айниқса ҳолат, яъни детерминистик параметрлар тасодифий катталиклар билан таъсирланиш мумкин. Бу асосан тизим элементларни ёки ташқи таъсирларни элементларни интеграциялаш билан модел улчамларини камайитириш учун ишлатилади.

Тақсимланиш қонуниятини танлаш.

Тасодифий параметрлар учун статистик туплаш ва уни қайта ишлаш ташкил этилади. Қайта ишлаш жараёнида параметрни бирор-бир назарий тақсимланиш қонун билан таъсирлаш имкони яратилади (аниқланади). Бундан мақсад тизимни асосий параметларини маълум бир тақсимланиш қонуниятларида ва нагрузкада аномик моделни яратиш имкони пайдо булади, иметацион моделлаштиришда эса тақсимланиш қонуниятини қуринишини бериш ва статистик ҳарактеристикаларини бериш тасодифий миқдорини табица қуринишда беришдан қура самаралидир. Тақсимланиш қонуниятини қуринишини танлаш процедураси қуйидагилардан иборат: Параметрни сонли қийматлари туплами буйича нисбатан частоталар чистограммаси - тақсимланишни империк зичлиги тузилади. Гистограмма силлик эгри чизик билан аппроксимацияланади. Ҳосил қилинган эгри чизик турли назарий тақсимланиш қонунлари зичлиқлари эгри чизиклари билан кетма-кет солиштирилади. Солиштириш натижасида бирор-бир маънода энг яхши булган (устма-уст тушган) тақсимланиш қонуни танланади. Эмприк қийматлари буйича бу тақсимланиш қонуни параметлари ҳисобланади. Сунгра эмперик назарий тақсимланишни мос тушиш даражасини миқдорий баҳолашни у ёки бу мослик критерияси, масалан, Пирсон (хи-квадрат, Колмогороф, Смирнов, Фишер ёки Стюдент) курсаткичлари билан

баҳоланади. Тақсимланиш қонунларини қуринишини танлаш математик статистикада тула ишлаб чиқилган.

Функцияларни аппроксимациялаш

Тизимни ҳар бир элемент учун кириш таъсирларини параметлари билан чиқиш характеристикалари орасидаги функционал боғланиш мавжуддир. Баъзи бир элементлар учун функционал боғланиш маълум булади, баъзи бир элементлар учун эса ишлаш табиатдан аниқлаш мумкин. Аммо баъзи бир элементлар учун эса параметрларини турли қийматларида чиқиш характеристикаларини миқдорий қийматларини тажрибавий қийматлари тупламини олиш мумкин. Бундай ҳолларда функционал боғланиш характери ҳақида бирор-бир гипотезани олга суриш мумкин, яъни уни маълум бир математик тенглама билан аппроксимациялаш мумкин. Йиғилган тажриба маълумотлари асосида иккита ва ундан ортиқ узгарувчилар орасидаги математик боғланишларни топиш регрессия корреляция ва дисперсион таҳлил асосида амалга оширилади.

Бирор бир элементни тавфсифлаш учун тенглама қуринишини тадқиқотчини узи аниқлайди. Агар узгарувчилар сони иккита булса тажриба нуқталарини жойлаштиришга қараб графикларни таққослаш натижалари билан сода равишда аниқланади. Кенг тарқалган аппроксимация қилувчи функциялар сифатида масалан, тугри чизик, гипербола, экспонента ва ҳ.к. олинishi мумкин. Сунгра регрессия таҳлили усуллари билан танлаб олинган регрессия тенгламасининг константалари (коэффициентлари) ҳисобланади. Танлаб олинган константалар шундай танланадики, танлаб олинган назарий тугри чизик тажриба маълумотларига бирор-бир маънода энг яхши яқинлашуви керак. Купинча тажриба ва назарий эгри чизикларнинг яқинлашуви кичик квадратлар критерияси буйича баҳоланади.

Танлаб олинган боғланиш тажриба маълумотлари билан мос келишлигини аниқлашда корреляцион таҳлил усулларида фойдаланилади. Корреляция коэффициентини қуйидаги оралиқларда 0 дан $+1$ гача қийматлар

қабул қилиб, агар корреляция мавжуд бўлмаса 0 га тенг, агар ҳамма тажриба нуқталари эгри чизикда ётса +1 га еки 1 га тенгдир.

Гипотезаларни олдинга суриш

Келажакдаги тизимни янги элементларини акс эттирувчи ёки ишлаш шартларини ифодаловчи элементлар параметрлари ҳақида аниқ маълумотларни йиғиш (туплаш) имконияти мавжуд бўлмаслиги мумкин. Бундай параметрлар учун уларнинг мумкин бўлган қийматлари бўйича гипотезалар олдинга сурилади. Бунда гипотезаларни эксперт мутахассислар олдинга сурганликлари катта аҳамиятга эгадир. Чунки улар яратилаётган тизимни яхши тасаввур эта оладилар ёки тизимга таъсир этаётган ташқи таъсирларни биладилар. Агар маълумотларни мутахассислар гуруҳидан олинган хабарлар катта ютуқларга олиб келиши мумкин. Бундай ҳолларда субъективлик даражасини бир мунча камайтириш мумкин ва амалиётда кенг қулланиладиган экспертларни баҳолаш усулларида фойдаланиш мумкин. Бундай ишларни бажаришда мавжуд бўлган тизимларни ёки ухшаш тизимларни ишлаш жараёни натижаларида қушимча маълумотларни топиш мумкин.

Дастлабки маълумотларни йиғиш қайта ишлаш уларни қуйидаги синфларга бўлиш билан яқунланади: ташқи ва ички, узгармас ва узгарувчи, узулуксиз ва дискрет, чизикли ва ночизикли, стационар ва ностационар, детерминистик ва статистик. Миқдорий параметрли узгарувчилар учун тадқиқотчи моделлаштириш жараёнида вариация қилиш учун уларни қийматлари узгариши мумкин бўлган чегараларни аниқлаш ва дискрет узгарувчиларни эса қабул қилиш мумкин бўлган қийматлари топилади.

Математик моделни ишлаб чиқиш.

Умумлаштирилган моделлар.

Концептуаль модел ва миқдорли дастлабки маълумотлар математик моделни ишлаб чиқиш учун асос бўлади. Математик моделни ишлаб чиқишдан мақсад иккитадир. Биринчи тизимни структурасини ва ишлаш жараёнини уларни бир қийматли тушунишни форма (шакли нуқтаий

назаридан) тавсифлаш учун. Иккинчи тизимни аналитик тадқиқ этиш учун ишлаш жараёни тасвирлаш учун.

Математик моделларни яратишни умумий ягона услубияти мавжуд эмас. Чунки тизимларни турли-туман ҳиллари (турлари) бор. Тизимлар қуйидаги турларга бўлинади: статик ва динамик. Структурали ёки дастурий бошқариш, узгармас ёки узгарувчи структурали, узгармас (каттик) ёки алмаштириладиган (эгиловчан) дастурий бошқариш. Кириш таъсирлари ва ички ҳоллар характери бўйича қуйидаги турларга бўлинади: Узулуксиз ва узулукли, чизиқли ва нозиқли, стационар ва ностационар, детерминистик ва стохастик.

Тизимларни маълум бир сифатлари учун формал схемалар ва математик усуллар ишлаб чиқилган. Бу схемалар ёрдамида тизимларни ишлаш жараёнини ёзиш мумкин, баъзи ҳолларда эса аналитик тадқиқ этишни амалга ошириш мумкин. Тизимларни ишлаш жараёнини формал воситалари сифатида маълум тиллар ва имитацион моделлаштириш тизимлари мисол була олади. Буларга қуйидагилар киради:

1. Агрегатив тизимлар
2. Булак - чизиқли агрегатлар
3. Стохастик тармок.
4. Оммавий ҳизмат курсатиш тизими
5. Узулуксиз детерминистик тизимлар
6. Автоматлар.

Моделлаштириш усулини танлаш.

Аналитик моделлар

Ишлаб чиқилган тизимни ишлаш жараёнини математик моделни тадқиқ этиш тури турли усуллар билан тадқиқ этиши мумкин - аналитик ёки имитацион. Таҳлил этишни аналитик усуллари ёрдамида моделни тула тадқиқ этиш мумкин. Баъзи ҳолларда эса аналитик моделни мавжудлиги оптемаллаштиришни математик усулларида фойдаланиш имконини беради. Аналитик усулларда фойдаланиш учун математик моделни шундай аналитик

богланишлар куринишига келтириш керакки, бунда тизим параметрлари ва ташки таъсирлар билан унинг ҳарактеристикалари орасидаги богланиш аниқ аналитик богланиш куринишида булишлиги лозим. Аммо бу жуда содда тизимлар учун ишлаб чиқилиши мумкин. Аналитик усулларни мураккаб тизимлар учун ишлатилиши учун вакилликни ва мавҳумликни даражаси юкори булиши лозим. Шунинг учун аналитик усуллар тизимни бошлангич купол баҳолаш жараёнида ишлатилади. Чунки бунда тизимни аниқ модели учун ахборот етишмовчилиги булиши мумкин. Купгина ҳолларда мураккаб тизимлардаги паралелл жараёни таҳлил этиш учун фойдаланиш мумкин.

Баъзи бир аналитик моделлар маълум булган математик усуллар билан аналитик ечиш имкони булмайди. Уларни тадқиқ этиш учун сонли усуллардан фойдаланиш мумкин. Бундай усуллар математик модели тенгламалар системаси куринишда ифодаланган тизимларга кулланилиши мумкин ва уларни ечиш сонли усуллар билан ечиш имкони булиши мумкин. Сонли усулларни ишлатилиши асосан тезкор, ҳисоблаш тизимлари асосида амалга оширилиши катта самарага эга.

Агар ҳосил булган тенгламаларни аналитик ёки сонли усуллар ёрдамида ечиш имкони булмаса, унда сифатли усуллардан фойдаланиш мумкин. Сифатли усуллар қидирилатган катталикларни асимтоматик қийматларини баҳолаш имконини беради, ҳамда бу қийматларни тургунлиги ва тизим трайекториясини умумий ҳарактери ҳақида фикр юритиш имконини беради. Бу ҳусусиятлар айрим трайекториялар ҳаракатига ҳам тегишлидир.

Имитацион усуллар. Имитацион моделлаштириш тизимларда тадқиқ этишни унверсал усули булиб, уларни ишлаш ҳарактеристикаларини микдорий баҳолаш имконини беради. Имитацион моделлаштиришда тизим – оригинални динамик жараёнлари абстракт моделдаги имитация қилинаётган жараёнлар билан алмаштирилади. Аммо бу алмаштиришдаги айрим амаллар (операциялар) узунлиги ва вақт кетма-кетликлари орасидаги муносабатлар тизим оригиналдаги муносабатларга мос келиши лозим. Шунинг учун имитацион моделлаштириш усули алгоритмик ёки операцион

моделлаштириш деб аталиши мумкин. Имитация қилиш жараёнида (оригинал билан тажриба утказиш каби) айрим ҳодисаларни ва ҳолатларни ёки чиқиш таъсирларини улчаш билан тизимни ишлаш тҳарактеристикаларини сифатини ҳисоблаш имконини беради.

Имитация моделлаштириш тизимида булаётган жараёнларни амалий ихтиёрий ҳар қандай деталлаштириш сатҳида урганиш ва тадқиқ этиш имконини беради. Ҳисоблаш техникасини имкониятларидан фойдаланилиб, имитацион моделда тизимни ҳар қандай бошқариш алгоритимини ва уни ишлашини синаб қуриш мумкин. Аналитик усулда тадқиқ этувчи моделлар ҳам имитацион усуллар ёрдамида таҳлил этилиши мумкин. Бунинг натижасида моделлаштиришда имитацион усуллари мураккаб тизимларни тадқиқ этишни асосий усуллардан бири эканлиги булиб қолмоқда.

§3. Биринчи тартибли дифференциал тенглама учун Коши масаласини ечиш усуллари

Ҳозирги кунда фан-техника ривожланиб борган сари математиканинг роли ортиб бормоқда. Шу жумладан математикадан физика, механика ва астрономия ҳамда иқтисодий масалаларни ечишда, биологик жараёнларни таҳлил этишда ва бошқа кўп соҳаларда фойдаланилади. Бу соҳалардаги жараёнларнинг математик модели дифференциал тенгламалар номи билан юритилади.

Номаълум функциянинг ҳосиласи ёки дифференциали катнашган **тенглама дифференциал** тенглама дейилади.

Агар номаълум функция бир аргументли бўлса, у ҳолда тенглама **оддий дифференциал тенглама** деб, агар номаълум функция кўп ўзгарувчили бўлса, у ҳолда тенглама **хусусий ҳосилали дифференциал тенглама** деб айтилади.

Мисол 1: Фараз қилайлик моддий нукта OX ўқи бўйлаб ҳаракат қилсин. Ҳаракат функцияси $f(t)$ бўлсин. Бундан ташқари бирор $t=t_0$ моментда унинг абсциссаси x_0 қийматни қабул қилсин. Шу моддий нуктани ҳаракат қонунини топинг.

Бу масаланинг математик модели

$$\frac{dx}{dt} = f(t), \quad x(t_0) = x_0$$

кўриниш билан ифодаланади.

Мисол 2: Радиактив модда ҳисобланган радийнинг парчаланиш тезлиги унинг миқдorigа тўғри пропорционал. Фараз қилайлик, t моментда R_0 э радий бор бўлсин. Ихтиёрий t моментда R э радий миқдорини аниқланг.

Агар пропорционаллик коэффициенти $c(c>0)$ га тенг бўлса, у ҳолда масала ушбу дифференциал тенгламани ечишга келтирилади.

$$\frac{\partial R}{\partial t} = -cR$$

Бу тенгламани $t = t_0$ да $R = R_0$ га тенг бўладиган ечими

$$R = R_0 e^{-c(t-t_0)}$$

функция билан ифодаланади. Юқоридаги масалалардан кўринадики битта дифференциал тенгламани бир неча функциялар қаноатлантириши мумкин, шунинг учун дифференциал тенгламалар назариясининг асосий мақсади берилган тенгламанинг барча ечимларини топиш ва уларнинг хусусиятларини ўрганишдан иборат.

Дифференциал тенгламаларни **тартиби** тенгламада қатнашган энг юқори тартибли **ҳосила тартиби** билан аниқланади.

ТАЪРИФ: 1. Ушбу

$$F(x, y, y') = 0 \quad (1)$$

тенглама ҳосилага нисбатан ечилмаган биринчи тартибли оддий дифференциал тенглама дейилади.

ТАЪРИФ 2: Ушбу

$$\frac{\partial y}{\partial x} = f(x, y) \quad (2)$$

кўринишдаги тенглама ҳосилага нисбатан ечилган биринчи тартибли оддий дифференциал тенглама дейилади.

ТАЪРИФ 3: Битта ўзгармас сонга боғлиқ

$$y = m(x, c) \quad (3)$$

(1) тенгламанинг ечимлари оиласини ифодаловчи функция тенгламанинг **умумий ечими** дейилади.

ТАЪРИФ 5: Умумий (3) ечимдан c параметрни аниқ сонли қийматлари учун ҳосил бўлган ечими хусусий ечим деб аталади.

Юқорида келтирилган 1 ва 2 масалалардаги (t_0, x_0) , (t_0, R_0) нуқталардан ўтувчи ечимларни ягоналиги муҳим аҳамиятга эга, шунинг учун берилган (t_0, x_0) нуқтадан битта ечим ўтса шу нуқтада ягоналик ўринли деб юритилади.

Дифференциал тенгламалар назариясининг асосий масалалардан бири Коши масаласи деб юритилади.

$$\frac{\partial y}{\partial x} = f(x, y) \quad (4)$$

кўринишидаги тенглама учун Коши масаласи қуйидагича қўйилади.

Коши масаласи : (1 ва 4) тенгламанинг

$$y(x_0) = y_0 \quad (5)$$

шартни қаноатлантирадиган ечимини топиш масаласи Коши масаласи дейилади ёки бошланғич масала деб юритилади.

Бунда x_0 ва y_0 берилган сонлар бўлиб $f(x, y)$ функция аниқланган соҳага тегишли бўлади. (4) тенгламанинг ечими бўлган $y=f(x)$ ёки ошкормас кўринишда $f(x, y)$ функцияни мос эгри чизиғи (графики) интеграл чизик деб аталади. Коши масаласи, геометрик нуқтай-назардан қараганда барча интеграл чизиклар ичидан берилган (x_0, y_0) нуқтадан ўтувчи интеграл чизикни топиш масаласидир.

Қуйидаги

$$\begin{cases} y' = f_1(x, y, z), \\ z' = f_2(x, y, z), \end{cases} \quad (6)$$

Биринчи тартибли дифференциал тенгламалар системасини $[a, b]$ оралиғида бошланғич

$$y(x_0) = y_0, \quad z(x_0) = z_0 \quad (7)$$

шартларни қаноатлантириувчи ечимини қийматини топиш учун Эйлер ва Рунге-Кутта усуллари қўллаймиз.

Эйлер усули.

1. Берилган дифференциал тенгламалар системасининг $[a, b]$ оралиғида ечимини топиш учун

$$x_i = x_0 + i h, \quad i = 0, 1, 2, \dots, n$$

ларни топиб ҳар бир тенглама учун Эйлер усулини

$$\begin{cases} y_{i+1} = y_i + h f_1(x_i, y_i, z_i) \\ z_{i+1} = y_i + h f_2(x_i, y_i, z_i) \end{cases} \quad (8)$$

қўллаймиз.

Натижада дифференциал тенгламалар системаси ечимининг тақрибий қийматини топамиз.

$$y(x_i)=y_i, \quad z(x_i)=z_i \quad i=1,2,3,4,5,\dots,n$$

Иккинчи тартибли дифференциал тенгламаларни биринчи тартибли тенгламалар системасига келтириб Эйлер усулида ечимини топиш мумкин. Масалан, фазода $\vec{F} = \{F_x, F_y, F_z\}$ куч таъсирида $x=x(t)$, $y=y(t)$, $z=z(t)$ қонуният билан ҳаракатланаётган моддий нуктанинг ҳаракати иккинчи тартибли учта дифференциал тенгламалар билан аниқланади. $\vec{F}$ кучнинг координата ўқларидаги F_x, F_y, F_z проекциялари t вақтга, нуктанинг ҳолати x, y, z га, нуктанинг тезлигига боғлиқ бўлади:

$$F_x = F_x\left(t, x, y, z, \frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt}\right), F_y = F_y\left(t, x, y, z, \frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt}\right), F_z = F_z\left(t, x, y, z, \frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt}\right)$$

Бу ҳаракатнинг Ньютон қонуни бўйича динамика тенгламалари системасини қуйидагича ёзамиз:

$$\begin{aligned} m \frac{d^2x}{dt^2} &= F_x\left(t, x, y, z, \frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt}\right), \\ m \frac{d^2y}{dt^2} &= F_y\left(t, x, y, z, \frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt}\right), \\ m \frac{d^2z}{dt^2} &= F_z\left(t, x, y, z, \frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt}\right) \end{aligned} \quad (9)$$

Бу иккинчи тартибли тенгламалар системасини биринчи тартибли тенгламалар системасига келтириш учун қуйидагича алмаштириш бажарамиз:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= u, \quad \frac{dy}{dt} = v, \quad \frac{dz}{dt} = w, \\ \frac{du}{dt} &= F_x(t, x, y, z, u, v, w), \\ \frac{dv}{dt} &= F_y(t, x, y, z, u, v, w), \\ \frac{dw}{dt} &= F_z(t, x, y, z, u, v, w) \end{aligned} \quad (10)$$

Бу биринчи тартибли тенгламалар системасини ечимини Эйлер усулида топамиз.

$$x(t_i) = x_i, \quad y(t_i) = y_i, \quad z(t_i) = z_i, \quad i=1,2,3,4,5,\dots,n$$

3-Мисол. Қуйидаги

$$y'' + y'/x + y = 0$$

дифференциал тенгламани

$$y(1) = 0.77; \quad y'(1) = -0.44$$

бошланғиш шартларни қаноатлантирувчи ечими Эйлер усули билан [1;1.5] оралиғида $h=0.1$ қадам билан топилсин.

Ечиш.

Берилган дифференциал тенгламада

$$y' = z, \quad y'' = z'$$

алмаштиришлар бажариб, қуйидаги биринчи тартибли дифференциал тенгламалар системасига келамиз.

$$\begin{cases} y' = z \\ z' = -z/x - y \end{cases}$$

Бошланғиш шартлари эса

$$y(1) = 0.77 \quad z(1) = -0.44$$

каби ёзилади. Бу ҳолда (6) дифференциал тенгламалар системасига асосан

$$\begin{cases} f_1(x, y, z) = Z = 0 \cdot X + 0 \cdot Y + Z \\ f_2(x, y, z) = -Z/X - Y \end{cases}$$

Ҳосил бўлган дифференциал тенгламалар системасини Эйлер ва Рунге –Кутта усуллари билан ечимини топамиз.

Эйлер усулида ечиш. (8) формулага асосан

$$X_i = X_0 + ih$$

$$Y_{i+1} = Y_i + hf_1(X_i, Y_i, Z_i)$$

$$Z_{i+1} = Z_i + hf_2(X_i, Y_i, Z_i)$$

$$i=0,1,2,3,\dots$$

$$i=0, \quad X_0=1.0, \quad Y_0=0.77, \quad Z_0=-0.44$$

$$Y_1 = Y_0 + hf_1(X_0, Y_0, Z_0) = 0.77 + 0.1(Z_0) = 0.726$$

$$Z_1 = Z_0 + hf_2(X_0, Y_0, Z_0) = -0.44 + 0.1(-Z_0/X_0 - Y_0) = -0.473$$

$$I=1, X_1=1.1, Y_1=0.726, Z_1=-0.473$$

$$Y_2 = Y_1 + hf_1(X_1, Y_1, Z_1) = 0.726 + 0.1(-0.473) = 0.679$$

$$Z_2 = Z_1 + hf_2(X_1, Y_1, Z_1) = -0.473 + 0.1(-0.473/1.1 - 0.726) = -0.503$$

Бу қойидани $I=2,3,4,5$ лар учун кетма-ет такрорлаб тенгламалар системаси ечимининг

$$Y_3=0.6284, Y_4=0.5756, Y_5=0.5205$$

қийматларини ҳисоблаб топамиз.

$Y'' = F(X, Y)$ кўринишдаги дифференциал тенгламани Рунге-Кутта усули билан ечиш. Берилган $Y'' = F(X, Y)$ дифференциал тенгламани

$$x = x_0, y(x_0) = y_0, y'(x_0) = y'_0$$

бошланғиш шартларни қаноатлантирувчи $[a, b]$ оралиғидаги ечимини h қадам билан қуйидаги формулалар билан топамиз.

$$Q_1^i = hF(x_i, y_i)$$

$$Q_2^i = hF(x_i + h/2, y_i + h/2, y'_i + Q_1h/8)$$

$$Q_3^i = hF(x_i + h, y_i + hy'_i + Q_2h/2) \quad (11)$$

$$Y'_{i+1} = y'_i + (Q_1^i + 4Q_2^i + Q_3^i)/6$$

$$Y_{i+1} = y_i + h(y'_i + (Q_1^i + 2Q_2^i)/6)$$

$X_i = x_i + h$ $i=1,2,\dots$ лар учун $y(x_i) \sim y_i$ ечим қийматларини топамиз.

4-мисол. Қуйидаги

$$y'' - y = \sin x + \cos 2x$$

дифференциал тенгламанинг, $h=0.2$ қадам билан $[0, 2]$ оралиғидаги $y(0)=1.8, y'(0)=-0.5$ бошланғиш шартни қаноатлантирувчи ечими топилсин.

Ечиш. Берилган тенгламани қуйидаги кўринишда ёзамиз:

$$y'' = y + \sin x + \cos 2x \quad (12)$$

формулада: $i=0, x_0=0, y_0=1.8, y'_0=-0.5$ бўлган тенглама ечимининг биринчи қийматини қуйидагича ҳисоблаймиз.

$$Q1=H*F(x0,y0)=0.2 (Y0+\sin X0+\cos 2X0)=0.2 (9.8+\sin 0+\cos 2*0)=0.56$$

$$Q2=H*F(x0+h/2,y0+h/2*y0'+h/8q1)=hF(0.1,1.8+0.1(-0.5)+0.025*0.56) \\ =0.2F(0.1,1.764)=0.2(9.764+\sin 0.1+\cos 0.1)=0.569$$

$$Q3=h*F(x0+h/2, y0+h*y0'+h/2*Q2)=hF(0.1, 1.8+0.2*(-0.5)+0.1*0.659)=hF(0.1, 1, 9569)=0.2 (9,9569+\sin 0.1+\cos 2*0.1)=0.567$$

$$y1'=y'0+(Q1+4Q2+Q3)/6=-0.5+(0.56+4*0.569+0.567)/6=-0.5+1.696/6=-0.217$$

$$y1=y0+h(y'0+(Q1+*2Q2)/6)=1.8+0.2(-0.5+(0.56+2*0.569)/6)=1.8+0.2*(-0.217)=1.7566$$

Демак, тенглама ечимининг биринчи қиймати $y1=1.7566 \sim 1.870$.

Йуқоридаги қондани $i=1$, $x1=x0+h=0+0.2=0.2$, $y1=1.7566$, $y1'=-0.217$

Бўлганда қўллаб тенглама ечимининг иккинчи ечимини топамиз. $y2=2.064$. Шунингдек, қолган қийматлари: $i=2,3,...,10$ лар учун ечим қуйидагича бўлади.

$$y3=2.389, y4=2.852, y5=3.467, y6=4.253$$

$$y7=5.242, y8=6.479, y9=8.027, y10=9.968$$

Бу усулда компьютерда дастур тузилиб ҳисоблашлар бажарилади.

§4. Delphi дастурлаш муҳити имкониятлари

Delphi дастурлаш муҳитининг ташқи кўриниши Windowsда кўриш мумкин бўлган бошқа дастурлаш муҳитлари кўринишидан фарқ қилади. Масалан, Borland Pascal for Windows 7.0, Borland C++ 4.0, Word for Windows, Program Manager – буларнинг барчаси MDI дастурлари ҳисобланади ва Delphiга ўхшамайди. MDI (Multiple Document Interface) – битта асосий ойнанинг ичида бир нечта қуйи типдаги ойналарни бошқаришни билдиради.

Delphi муҳити эса, Single Document Interface (SDI) деб номланувчи бошқа хусусиятга амал қилади ва алоҳида жойлашган бир нечта ойнадан иборат.

Агар сиз Delphiга ўхшаш SDI дастурлардан фойдалансангиз, бошқа дастурлар ойналари уни ёпиб қўймаслиги учун уларни пастга тушириб қўйиш керак. Агар бошқа дастурга ўтиш зарурияти туғилиб қоладиган бўлса, Delphi дастури бош ойнасидаги кичрайтириш тугмасини босиш кифоя.

Дастурлаш муҳитининг асосий ташкил этувчилари.

Қуйида Delphiнинг асосий ташкил этувчилари келтирилган:

Формалар дизайнери (Form Designer)

Дастур матни муҳаррири (Editor Window)

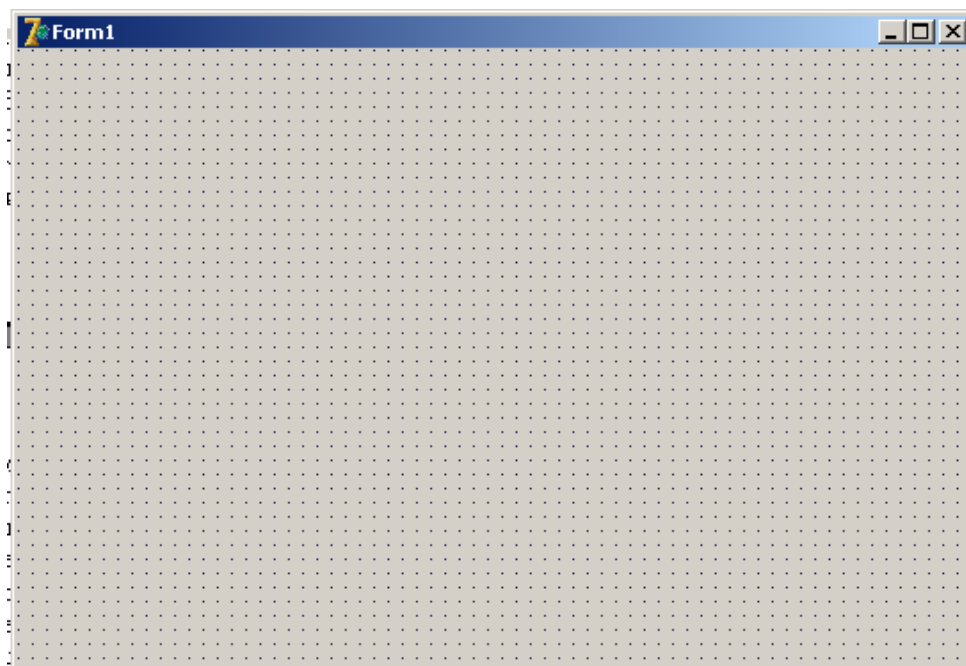
Компонентлар тўплами (Component Palette)

Объектлар инспектори (Object Inspector)

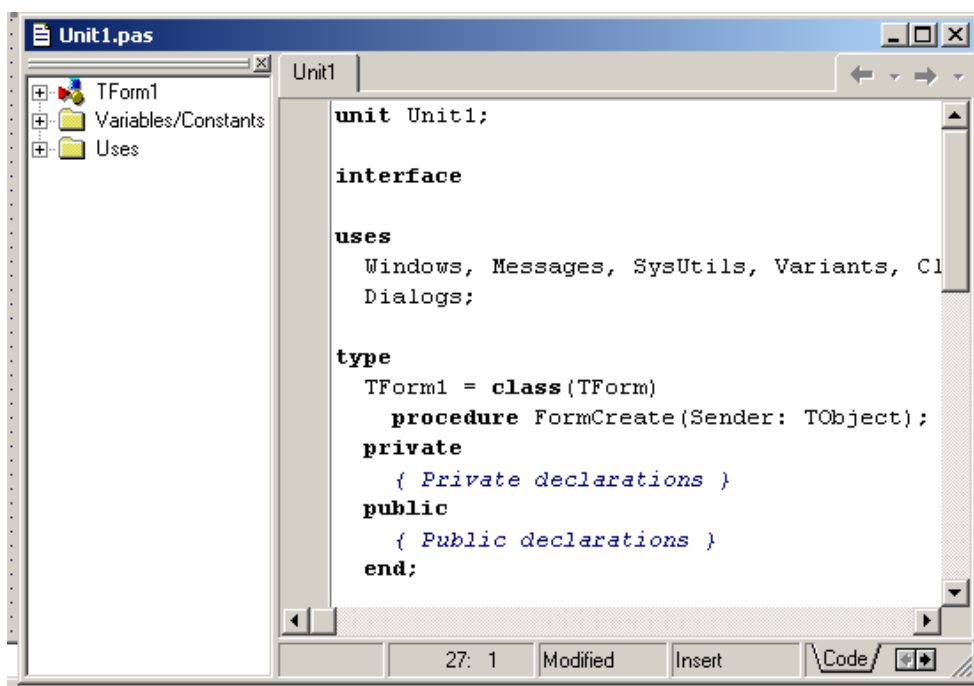
Ёрдам тизими (On-line help)

Delphiнинг булардан ташқари сизга дастурлаш муҳити ва дастурни созлаш учун хизмат қилувчи тизим менюси, ускуналар чизгичи каби бошқа воситалари ҳам бор.

Delphiда дастурчилар кўп вақтларини Формалар дизайнери ва Дастур матни муҳаррири орасида ўтиш билан ўтказадилар. Сиз дастурлашни бошлашдан олдин шу икки муҳим элементни ажрата олишингизга ишонч ҳосил қилинг. Формалар дизайнери 1-расмда, Дастур матни муҳаррири 2-расмда келтирилган.



1-расм. Формалар дизайнери.



2-расм. Дастур матни муҳаррири

Delphiдаги Формалар дизайнерининг тузилиши шу қадар оддийки, дастурнинг ташқи кўринишини яратиш болалар ўйинига ўхшаб кетади. Формалар дизайнери дастлаб оддий бўш ойнадан иборат бўлади ва сиз уни кейинчалик компонентлар тўпламидан олинган объектлар билан тўлдиришингиз мумкин.

Формалар дизайнерининг муҳимлигига қарамасдан, дастурчиликнинг кўп вақтлари Дастур матни муҳарририда кечади. Чунки бу ерда дастурнинг асосий коди (иш бажарувчи қисми) ёзилади.

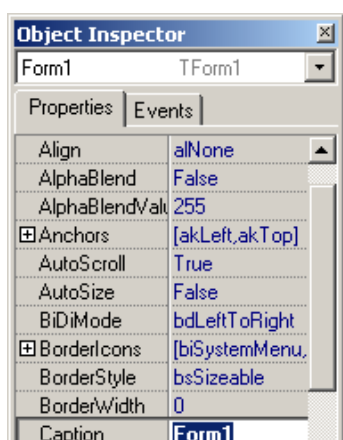
Компонентлар тўплами сизга формалар дизайнерига ўрнатиш ва дастурнинг ташқи кўринишида иштирок этувчи объектларни танлаш учун хизмат қилади. Компонентлар тўпамидан фойдаланиш учун аввал керакли объект устига сичқончани босинг ва сўнгра формалар дизайнерига сичқончани босиш билан танланган объектни формага қўйишингиз мумкин.



3- расм. Компонентлар тўплами.

Компонентлар тўпламида объектлар гуруҳлар буйича алоҳида саҳифаларга бўлинган. Тўпамда Standard, Additional, Dialogs ва ҳоказо саҳифалар йиғилган. Агар сиз бу номларнинг ихтиёрийсини боссангиз, шу гуруҳ объектлари жойлашган саҳифага ўтишингиз мумкин.

Масалан, сиз формага TEdit объектини ташладингиз; сиз уни бир жойдан иккинчи жойга кўчиришингиз ва унинг ўлчамларини ўзгартиришингиз мумкин. Бошқа кўпчилик объектлар билан ҳам худди шундай ишларни амалга ошириш мумкин. Лекин, дастур бажарилишида формада кўринмайдиган (TMenu ёки TdataBase каби) объектлар ўз кўринишини ўзгартирмайди.



4-расм. Объектлар инспектори.

Формалар дизайнеридан чап томонда сиз объектлар инспекторини кўришингиз мумкин. Бу ойнадаги маълумотлар формада танланган объектнинг типига қараб, ўзгариб боришига эътибор беринг. Ҳар бир компонент бу объектдир, ва унинг кўриниши ҳамда ҳаракатини объектлар инспектори ёрдамида ўзгартириш мумкинлигини унутманг!

Объектлар инспектори жорий объектнинг ҳаракатларини аниқлаш учун икки саҳифадан ташкил топган. Биринчи саҳифа – хусусиятлар рўйхати бўлса, иккинчиси объектнинг ҳолатлари рўйхатидир. Жорий объектнинг бирор томонини ўзгартириш керак бўлса, сиз албатта Объектлар инспекторига мурожаат қилишингиз керак. Мисол учун сиз TLabel элементининг номини ўзгартиришингиз, ёки унинг Caption, Left, Top, Height, ва Width каби хусусиятлари ёрдамида жойлашишини ўзгартиришингиз мумкин.

Объектлар инспектори ойнасининг қуйи қисмидаги саҳифа номларидан объектларнинг хусусиятлари ва ҳолатлари ойнасига ўтиш мумкин. Ҳолатлар саҳифаси дастур матни муҳаррири билан бевосита боғлиқ бўлиб, ундаги ҳолатларнинг ихтиёрийсига сичқончани икки марта боссак, объектнинг шу ҳолатига тегишли дастур сарлавҳаси муҳаррирда пайдо бўлади ва сизга шу ҳолатда бажариладиган ишларни дастур кўринишида ёзиш имконияти берилади.

Қўшимча элементлар

Бу бўлимда биз асосан дастурлаш учун ёрдамчи ҳисобланган учта қўшимча элементлар ҳақида гапирамиз:

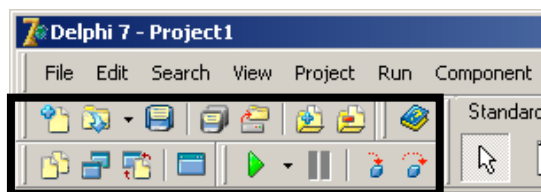
Меню (Menu System)

Тезкор мурожаат тугмалари (SpeedBar)

Расмлар муҳаррири (Image Editor)

Меню Delphiнинг энг тезкор ва мослашувчан воситасидир, чунки, ундаги буйруқларни тезкор тугмалар ёрдамида ҳам бажариш мумкин. Менюнинг қулайлиги шундаки, бу ерда тугмачалар ва белгилардан фарқли равишда аниқ сўзлар ишлатилади.

SpeedBar бевосита менюниг қуйи қисмида, компонентлар тўпламидан чап томонда жойлашади.



5-расм: Тезкор мурожаат тугмалари (SpeedBar)

Энди дастурчилар Delphiда кўп қўллайдиган элементлар билан танишиб ўтамыз.

Инструментал воситалар

Юқорида кўриб ўтилганлардан ташқари Delphi таркибида яна бешта восита мавжуд. Улар қуйидагилар:

Ички дастур назоратчиси

Ташқи дастур назоратчиси

Буйруқ сатри компилятори

WinSight

WinSpector

Бу воситаларнинг алоҳида гуруҳга булинганлиги уларнинг бошқаларидан кўра камроқ амамиятга молик эканлигида эмас, балки, улар дастурлаш жараёнида анча мавҳум техник вазифаларни бажаришидадир.

Delphiда кучли дастурчи бўлиш учун сиз Delphi дастур назоратчиси қандай тузилганлигини билишингиз керак. Назоратчи сизга ёзилган дастурни қадамба-қадам текшириш, бир мартада дастур матнининг бир қаторини бажариш ва дастурдаги узгарувчилар қийматларини алоҳида кўриш ойнаси (Watch)да кузатиш имконини беради.

Юқорида санаб ўтилган беш элементдан энг муҳими бўлган ички дастур назоратчиси дастур матни муҳаррири ойнасида ишлайди. Ташқи дастур назоратчисининг ичкидан фарқи у анча тез ва кучлилигидадир. Лекин уни ишлатиш учун аввал Delphi муҳитидан чиқиш керак.

Энди Компиляторлар ҳақида гаплашайлик. Ташқи компилятор DCC.EXE деб номланади, у асосан дастурни ташқи дастур назоратчиси

ёрдамида ўтказишдан олдин ишлатилади. Лекин кўпчилик дастурчилар ўз дастурларини Delphi муҳитининг ўзида назоратдан ўтказадилар.

WinSight ва WinSpector Windows муҳитида кучли дастурчилар учун кизиқарли ҳисобланади. Бу воситалар иккиламчи ҳисобланади ва фақат тор техник мақсадларда ишлатилади.

Бу икки воситадан WinSight анча фойдалироқ. Унинг асосий вазифаси Windows томонидан юборилаётган хабарлардан сизни воқиф қилиб туришдир. Delphi малакасиз фойдаланувчилардан бу тизимнинг мураккаб қисмларини яширишга мўлжалланган бўлсада, Windows ҳолатларни бошқариш мумкин бўлган тизим саналади. Delphi сизга Windowsнинг ҳамма хабарларига жавоб бериш имкониятини беради. Натижада, малакали фойдаланувчиларга WinSight зарур бўлиб қолади.

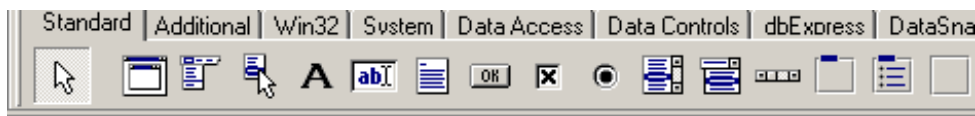
WinSpector ЭХМнинг жорий ҳолатини матнли файлларга сақлаб қўйиш учун хизмат қилади; ва сиз бу файллар ёрдамида дастурнинг қайси қисми ишламаётганлигини ва нималарни ўзгартириш кераклигини билиб олишингиз мумкин.

Стандарт компонентлар

Компонентлар тўплами

Delphi дастурлаш муҳити билан танишишни давом эттирар эканмиз, компонентлар тўплами ҳақида гапиришга тўғри келади.

Компонентлар тўпламининг биринчи саҳифасида 14та объектлар жойлашган бўлиб, ҳамма дастурчилар албатта ушбу объектлардан фойдаланишган. Чунки, жуда ҳам камчилик тугма, рўйхат, киритиш ойналари ва ҳо казолардан фойдаланмасдан дастур туза олади. Бу объектларнинг барчаси Windowsдаги сичқонча ва мулоқот ойнаси каби муҳимдир.



6-расм. Стандарт Компонентлар тўплами

Ҳар бир саҳифадаги компонентлар тўплами ва жойлашишини ўзгартириш мумкин. Демак, сиз мавжуд компонентларни ўрнини ўзгартириш билан биргаликда уларнинг таркибига янгиларини қўшишингиз мумкин.

Delphiнинг стандарт компонентлари ва уларни ишлатиш ҳақидаги қисқача изоҳ қуйида келтирилган. Бу компонентларни ўрганаётган вақтда қўл остингизда компьютер бўлгани маъқул, чунки бирваракайига уларнинг ишлаш принципи билан ҳам танишишингиз мумкин.



TMainMenu – ўз дастурингизга бош меню қўшиш имконини беради. TmainMenuни формага қўйган вақтда у кичкина белги кўринишини олади; бундай белгиларни "кўринмас компонент" деб атайдилар, чунки, дастур бажарилар вақтида улар экранда кўринмайди. Менюни яратиш уч қадамдан иборат: (1) TMainMenu формага ўрнатиш, (2) объектлар инспекторининг Items хусусияти ёрдамида Меню дизайнерини чақириш, (3) Меню Дизайнерида меню қисмларини киритиш.



TPopupMenu ёрдамчи менюни яратиш. Бу меню сичқончанинг ўнг тугмаси босилганда кўринади.



TLabel матнларни экранда намоиш қилиш учун қўлланади. Агар сиз объектлар инспекторининг Font хусусиятига сичқончани икки марта боссангиз, Labelнинг шрифти, ранги, ҳарфлар ранги ва ўлчамларини ўзгартишингиз мумкин.



TEdit – Windowsдаги стандарт маълумот киритиш ойнаси. У қисқа матнларни намоиш қилиши ва дастур бажарилиш вақтида фойдаланувчига ўз маълумотларини киритиш имконини беради.



TMemo – TEditнинг бошқача кўриниши. Катта матнлар билан ишлашни кўзда тутди. TMemo матн қисмларини қатордан қаторга кўчириши, буферда сақлаши, охириги амаллардан воз кечиши, умуман

олганда оддий муҳаррир амалларини бажара олади. TМемо 32Кб матн ҳажми билан чегараланади, бу тахминан 10-20 саҳифа матнга тенгдир.



TButton дастур бажарилаш вақтида тугма босилиши билан бирор амал бажарилишини кўзда тутди. Delphiда ҳамма нарса оддий. TButtonни формга қўйиб, унга икки марта сичқон тугмасини боссак, биз дастур матни муҳарририда тугма босилиш ҳолатига дастур тузишимиз мумкин бўлган ойнага ўтамиз. Энди дастур матнини бажариладиган буйруқлар коди билан тўлдириш керак. Масалан:

```
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
begin
  MessageDlg('Ишларингиз яхшими?',mtConfirmation,mbYesNoCancel,0);
end;
```



TCheckBox чап томонида кичкина дарчаси бўлган матн сатрини акслантиради. Дарчага унинг белгиланганлигини билдирувчи белги қўйиш мумкин. Масалан, Wordдаги Печать мулоқот ойнасининг Печать в файл бўлимида айнан шу объект ишлатилган.



TRadioButton бир нечта ҳолатлардан бирини танлаш имконини беради. Масалан, Wordдаги Печать мулоқот ойнасининг чоп қилиниши керак бўлган саҳифалар оралағини танлаш бўлимида айнан шу объект ишлатилган.



TListBox рўйхатли маълумотларни намойиш қилишга мўлжалланган масалан Wordдаги Открыт буйруғи ёрдамида очиладиган мулоқот ойнасидаги файллар ва каталоглар рўйхати айнан шу объектга жойлаштирилган.



TComboBox ташқи кўринишидан ListBoxга ўхшаб кетади, улар орасидаги фарқ ComboBoxнинг юқорисида маълумот киритиш мумкин бўлган майдони ҳам бор. ComboBoxнинг кўплаб турлари мавжуд, кўп ишлатиладигани эса, рўйхати пастга очиладиган (drop-down combo box)дир.



TScrollbar – ўтказиш йўлакчаси. Кўпинча таҳрирланадиган ёки кўринадиган маълумотлар экран чегараларидан чиқиб кетганда пайдо бўлади.



TGroupBox Windowsга формадаги объектларнинг қандай жойлашганлигини билдириш учун куллаш мумкин.



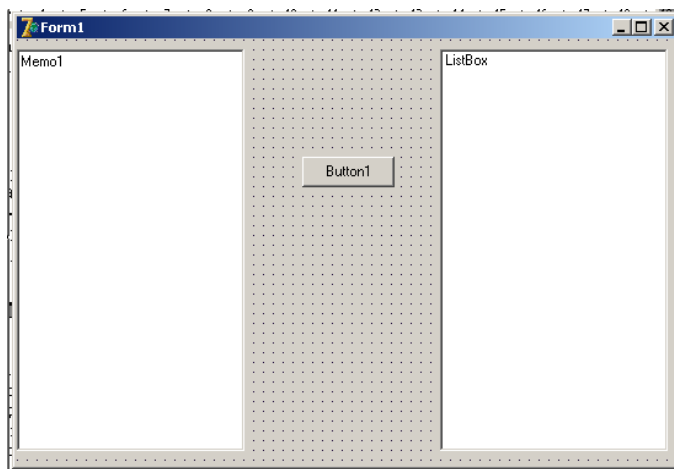
TPanel – TGroupBoxга ўхшаш объект бўлиб, безаш учун ишлатилади.

Агар сизга бундан кўра тўлиқроқ маълумотлар керак бўлса, Delphiнинг ёрдам тизимидан фойдаланинг

Объектлар Инспектори ҳақида.

Олдинроқ биз Объектлар Инспектори (Object Inspector) билан бир оз танишиб ўтдик. Энди у билан яқинроқ танишиш вақти етди. Объектлар Инспекторининг асосий вазифаси формага ташланган ихтиёрий объектнинг хусусиятларини таҳрирлаш ҳисобланади. Бундан ташқари у ёрдамида форманинг хусусиятларини ҳам ўзгартириш мумкин.

Объектлар Инспекторини ўрганишнинг энг қулай усули – у билан ишлашдир. Аввал янги лоиҳа очамиз File | New Project. Сўнгра формага TMemo, TButton ва TListBox объектларини 9-расмда кўрсатилганидек жойлаштиринг.



7-расм. Формага объектларни жойлаштириш.

Хусусиятлар билан ишлашни бошлашда Ctl3D хусусиятидан бошлаймиз (жимлик қоидаси бўйича фаол). Формага сичқон тугмасини босинг, Объектлар Инспекторига ўтинг ва Ctl3D хусусияти қийматини сичқонча ёрдамида бир неча марта ўзгартириб кўринг. Бу амал форманинг ташқи кўринишини ўзгартираётганлигига эътибор қаратинг. Форманинг Ctl3D хусусияти қийматини ўзгартириш шу формага ташланган ҳамма объектларнинг шу хусусияти қийматини ўзгартиради.

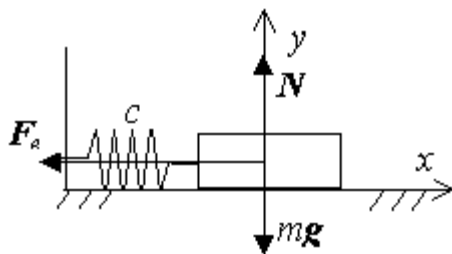
Формага дастлабки ҳолатини қайтаринг ва ундаги TMemo объектини белгиланг, сўнгра <Shift> тугмасини босиб туриб, TListBox объектини белгиланг. Энди сиз формадаги бир нечта объектларни белгилай оласиз. Объектлар гуруҳини белгилаганда Объектлар Инспекторида фақат шу гуруҳ объектлари учун умумий бўлган хусусиятлар кўринади ва уларнинг қиймати ўзгартирилиши белгиланган объектларнинг барчаси учун амал қилади. Агар бу гуруҳда умумий хусусиятларга эга бўлган объектлар бўлмаса, Объектлар Инспекторида ҳеч қандай хусусият кўринмайди.

§5. Гармоник осцилятор ҳаракатини моделлаштириш

Маятниклар, поршенлар, торнинг, стерженлар, пластиналар тебранишлари, двигателлар, фундаментлар вибрациялари – механика системаларнинг тебранишлари техникада кўплаб учрайди. Анна шундай масалалардан бирини моделлаштиришни қараймиз.

Масала қўйилиши. Горизонтал текисликда ётган жисм қўзғалмайдиган деворга пружина билан маҳкамланиб қўйилган. Жисмнинг тебраниш ҳаракатини тадқиқ қилинг. Жисм массаси ва пружина қаттиқлиги маълум.

Масаланинг концептуаль қўйилиши. Қўйдаги фаразларни қабул қиламиз.



1-расм.

- Тадқиқот объекти сифатида m массага эга, олға ҳаракатланувчи жисм ҳисобланади ва у материал нукта сифатида қабул қилинади.
- Жисмнинг ҳаракати Ньютоннинг 2 қонунига бўйсинади.
- Жисм уч кучнинг таъсири остида бўлади mg – оғирлик кучи, текислик таъсири кучи N ва пружинанинг эластик кучи F_e текислик юзи силлиқ бўлганлиги учун ишқаланич кучи маълум деб ҳисоблаймиз.
- Жисм тўғри чизиqli тебранувчи ҳаракатта бўлади, чунки оғирлик кучи mg билан текислик таъсири N тенг кучлик бўлади.
- Тенг вазнлик шароитида масса маркази (x_p, y_p) нуктада жойлашади.
- Пружинанинг чўзилишида ундаги эластик кучи қийматини Гукнинг қонуни билан аниқлашга бўлади.

$$F_e = c \mp \Delta x \quad \Delta x = x - x_p - \text{пружинанинг чўзилиши, } C - \text{пружина}$$

қаттиқлиги қиймати кучнинг тенг вазнлик аҳволи тоمانига йўналган.

Баъзи бир моментда пружинани X_0 қийматга чўзиб жисмга V_0 тезлик беради деб ҳисоблаб жисмнинг координатаси ва тезлигини аниқлаш зарур.

Масаланинг математик қўйилиши

Биз ушбу масала учун Коши масаласини оламиз

$$m \frac{dV}{dt} = F_e = -C(x - x_p), \quad \frac{dx}{dt} = V \quad (1)$$

$$X(0)=x_0, V(0)=V_0 \quad (2)$$

Масаланинг ечимини топиш зарур.

Қўйидаги белгилашларни киритамиз

$$x'' = \frac{d}{dt} \left(\frac{dx}{dt} \right) = \frac{dV}{dt} = V'$$

Бунда $x_p=0$ қабул этиб (1) дифференциал тенгламани қўйидаги кўринишда ёзамиз.

$$x'' + k^2 x = 0 \quad (3)$$

Бу ерда $k^2 = \frac{C}{m}$ - тенг вазнлик атрофида жисмнинг эркин тебраниш частотаси квадрати.

Эркин тебраниш периоды $T = \frac{2\pi}{k}$ циклик частта орқали аниқланади.

(3) тенглама материал нуқтанинг эркин тебраниш дифференциал тенгламаси деб аталади.

Материал нуқта гармоник тебранишда бўлади.

Тенглама ечимини

$$x(t) = \alpha \sin(kt + \beta) \quad (4)$$

Кўринишда қидирамиз, α – амплитудаси, β - тебранишнинг бошланғиш фазоси ва ўлар бошланғиш шартлардан аниқланади.

$$x(0) = \alpha \sin \beta = x_0$$

$$x'(0) = \alpha k \cos \beta = V_0$$

буннан α, β ни топамиз

$$\alpha = \sqrt{\alpha_0^2 + \left(\frac{V_0}{k}\right)^2}, \quad \operatorname{tg} \beta = k \frac{x_0}{V_0} \quad (5)$$

Берилган масалани сонли усул билан ечиш мумкин, агар чекли айирмалар усулини қўлласак ва у ҳолда қуйидаги

$$\begin{cases} V(t + \Delta t) = V(t) - k^2 x(t) \Delta t \\ x(t + \Delta t) = x(t) + V(t) \Delta t \end{cases} \quad (6)$$

Чекли айирмали тенгламалар системасини оламиз.

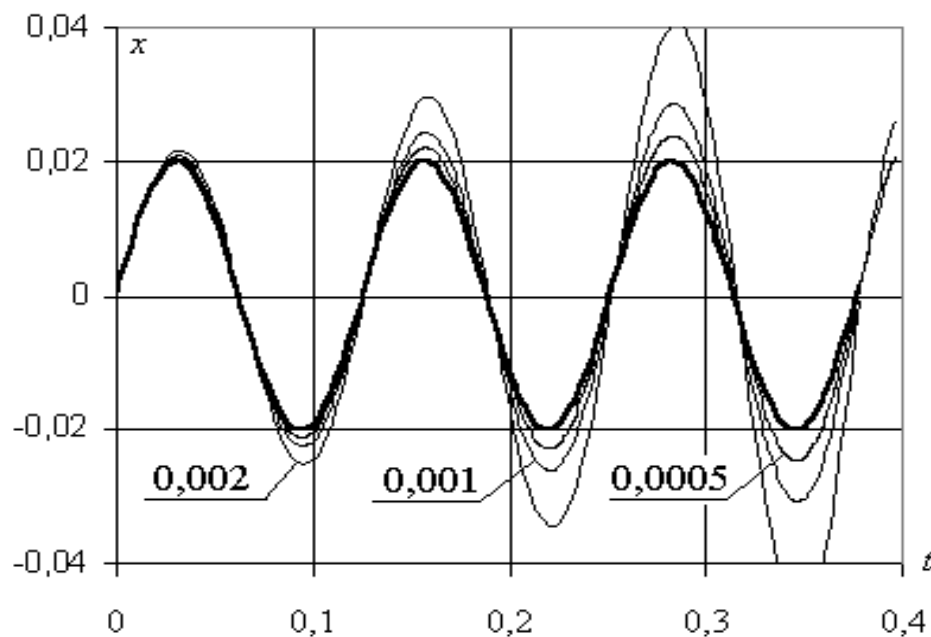
Натижаларнинг таҳлили

Ҳисболаш юргизишда $m=1\text{ кг}$, $C=2500\text{ Н/м}$, $x_0 = 0\text{ м}$, $V_0 = 1\text{ м/с}$ деб олиб

қуйидагиларни оламиз: $k = 50\text{ с}^{-1}$, $T = 0,04\pi$, $\alpha = \frac{1}{k} = 0.02$, $\beta = 0$.

$$x(t) = 0,02 \sin(50t), \quad V(t) = \cos(50t)$$

6-расмда материал нуқтанинг ҳарқил интеграллаш Δt қадамларида ҳолатини аниқлашнинг сонли натижалари келтирилган. Кўриниб турибди, Δt қадам қиймати озайган сари сонли ҳисблаш дан олинган ечим натижалари аниқ ечимга интилади.



6-расм. Вақт бўйича қадам қийматининг ечим аниқлигига таъсири

Масалани сонли ечишнинг бу келтирилган усули ҳаракат тенгламасига пружина эластик кучининг чузилиш қийматидан боғлиқли бўлган ночизиқли боғлиқликни киритишга мумкинлик беради. 7-расмда қаралаётган масаланинг чузилиш кучи боғлиқлиги ночизиқли бўлганда ва уни сонли ечиш қуйидаги айирмали тенгламалар системасига олиб келиб ечилгандаги натижалар келтирилган:

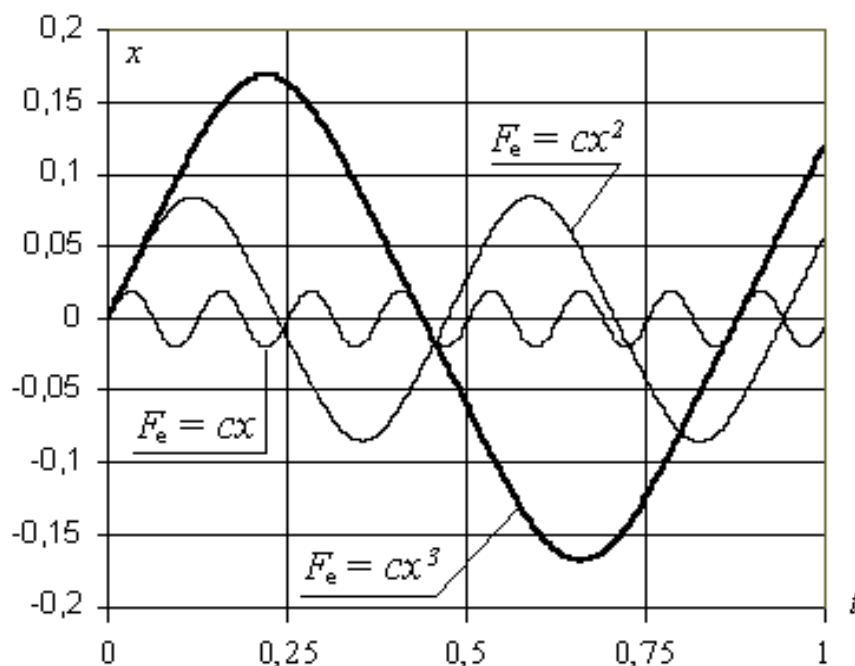
$$v(t + \Delta t) = v(t) - k^2 x(t) \cdot |x(t)| \Delta t, \quad x(t + \Delta t) = x(t) + v(t) \Delta t$$

$F_e = Cx^2$, бўлганда ва

$$v(t + \Delta t) = v(t) - k^2 x(t)^3 \Delta t, \quad x(t + \Delta t) = x(t) + v(t) \Delta t$$

$F_e = Cx^3$ бўлганда. Пружина қаттиқлиги $c = 2500 \text{ Н/м}^3$ олинди.

7-расмда келтирилган натижалар жисмнинг барча қаралган ҳолларда сўнмас гармоник тебранишларидан дарак беради. Шу билан бирга даража кўрсаткичи катталачиши билан тебранишлар амплитудаси ортиши ва частотасининг камайишига олиб келади.



7-расм. Пружина чузилишидан кучнинг боғлиқлиги турига қараб жисм тебранишига таъсири

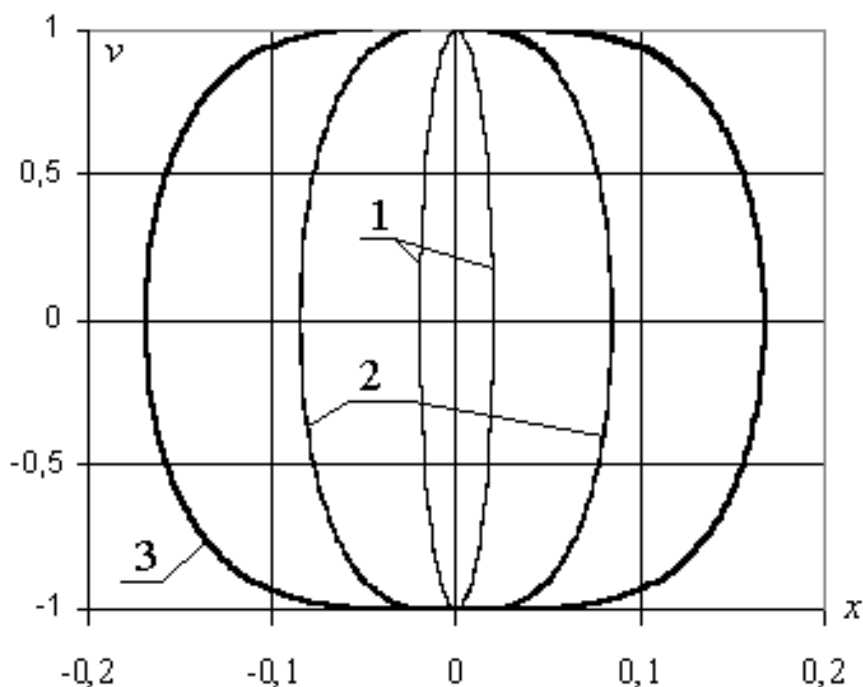
Бу ерда бизни жисм ҳолати билан унинг тезлиги орасидаги боғлиқликни(фазовий траектория деб номланади) тадқиқот этиш ҳам

қизиқтиради. Яъний унинг фазовий траекториясини аниқлаймиз. Унинг учун аниқ ечимни қуйидаги кўринишда ёзамиз

$$x^2(t) = \sin^2(kt), \quad V^2(t) = \cos^2(kt)$$

бундан вақтни юқатиш орқали $k^2 x^2 + V^2 = 1$

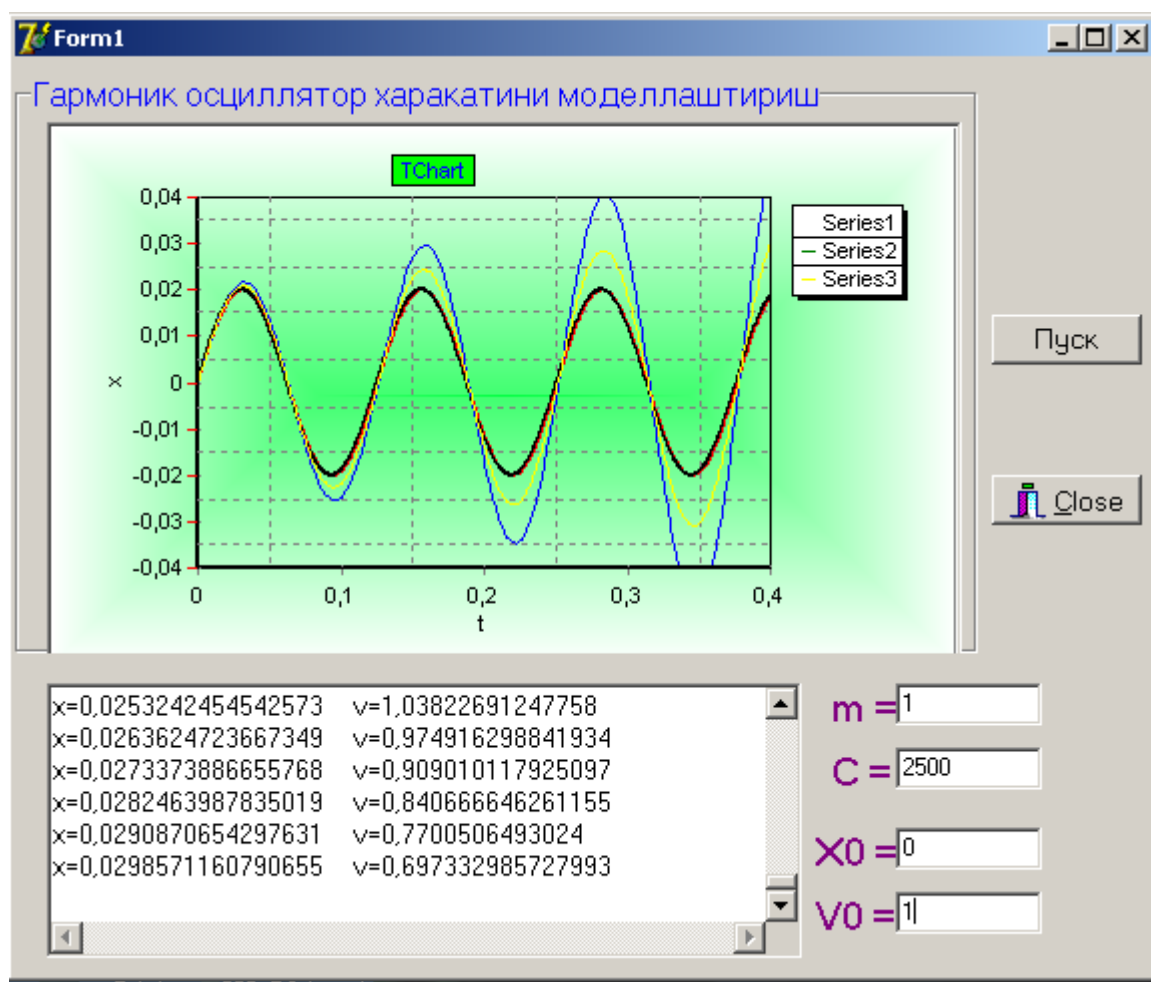
эллипс тенгламасини оламиз. 8 расмда юқорида қаралган учта масаланинг сонли усулда топилган фазовий траекториялари графиги келтирилган ва унда пружина чузилишидан эластик кучининг ҳарқил боғлиқлик турлари қаралган.



8-расм. Ҳарқил эластик қонунларидаги фазовий траекториялар

$$(1 - F_e = cx; 2 - F_e = cx^2; 3 - F_e = cx^3)$$

Илованинг ташқи кўриниши 9-расмда берилган



9-расм.

ХУЛОСА

Ҳозирги вақтда ката ҳажмдаги ахборотларни қайта ишлашдан бошлаб амалий масалаларни ечишгача барча ишлар дастурларсиз компьютерда амалга ошириб бўлмайди.

Дастурлаш тиллари сони йилдан йилга кўпайиб бормоқда ва улар ҳар қил мақсадда ҳар қил масалаларни ечишда қўлланилади. Уларнинг ичида Delphi тили визуал дастурлаш мухити бўлиб, Объект Паскаль тили асосида қурилган. Delphi мухитининг имкониятлари унинг ёрдамида компьютерлик моделлаштириш масалаларини осон амалга оширишга мумкинлик беради.

Қаралаётган битирув малакавий ишида Delphi мухитида компьютерда оддий моделлаштириш масалаларини ечиш методикаси қаралган.

Ишнинг асосий натижалари сифатида қўйидагиларни кўрсатиш мумкин:

1. Модел ва моделлаштириш ҳақида асосий тушунчалар келтирилди.
2. Моделлаштириш бойынша Delphi тилининг имкониятлари урганилди.
3. Моделлаштиришнинг оддий моделлари асосида тебраниш масалаларини сонли усуллар билан ечишга конкрет мисоллар кўрилди.

Битирув малакавий иши натижаларини талабалар учун математик моделлаштириш фанидан масалаларни ечишда услубий кўрсатма сифатида фойдаланишга бўлади деб ҳисоблаймиз.

АДАБИЕТЛАР

1. Введение в математическое моделирование. Учебное пособие /Под ред. П.В.Трусова.- М.: Интермет Инжиниринг, 2000. - 336с
2. Трубецков Д.И., Рожнёв А.Г. Линейные колебания и волны. М.: Физматлит, 2001. 416 с.
3. Кузнецов А.П., Рожнёв А.Г., Трубецков Д.И. Линейные колебания и волны. Сборник задач. М.: Физматлит, 2001. 128 с.
4. Рыскин Н.М., Трубецков Д.И. Нелинейные волны. М.: Наука, Физматлит, 2000. 272 с.
5. Кузнецов С.П. Динамический хаос. М.: Физматлит, 2001. 296 с.
6. Горяченко В.Д. Элементы теории колебаний. Красноярск: Изд-во Красноярск, ун-та. 1995. 430 с.
7. Воробьева Г.Н., Данилова А.Н. Практикум по вычислительной математике в примерах и задачах. М., Высшая школа, 1992г
8. Исроилов М.И. Ҳисоблаш методлари. 2-қисм.Тошкент. «Иқтисод-Молия», 2008й.320в.
9. Фленов М.В. Библия Delphi. БХВ-Петербург, 865 стр, 2004 г.
10. Галисеев Г.В.Компоненты в Delphi 7: Профессиональная работа. Диалектика, 619 стр, 2004 г.
11. Шпак Ю. А. Delphi 7 на примерах/Под ред. Ю. С. Ковтанюка — К.: Издательство Юниор, 2003. — 384 с., ил.
12. <http://www.intuit.ru>
13. <http://algorithm.narod.ru>
14. <http://www.ziyonet.uz/>
15. <http://lib.tuit.uz/>
16. <http://delhpi.mastak.ru>

И Л О В А