

АСНОВЫ САПР

Лекцыя 11.
Матэматычнае
забеспячэнне САПР

МАТЭМАТЫЧНАЕ ЗАБЕСПЯЧЭННЕ АНАЛІЗУ ПРАЕКТНЫХ РАШЭННЯЎ

Пры стварэнні машын, тэхнічных комплексаў і іншых аб'ектаў шырока выкарыстоўваецца мадэляванне. Як сродак пазнання і пераўтварэння матэрыяльнага свету мадэляванне ўжываецца ў эксперыментальных і тэарэтычных навуковых даследаваннях.

МАТЭМАТЫЧНАЕ ЗАБЕСПЯЧЭННЕ АНАЛІЗУ ПРАЕКТНЫХ РАШЭННЯЎ

Мадэляванне ўяўляе сабой працэс замяшчэння аб'екта даследавання яго мадэллю і правядзенне даследаванняў на мадэлі з мэтай атрымання неабходнай інфармацыі аб аб'екце. Мадэль - гэта фізічны або абстрактны вобраз мадэляванага аб'екта, зручны для правядзення даследаванняў і які дазваляе адэкватна адлюстроўваць цікавячыя даследчыка фізічныя ўласцівасці і характарыстыкі аб'екта. Выгода правядзення даследаванняў можа вызначацца рознымі фактарамі: лёгкасцю і даступнасцю атрымання інфармацыі, скарачэннем тэрмінаў і памяншэннем матэрыяльных выдаткаў на даследаванні і інш.

МАТЭМАТЫЧНАЕ ЗАБЕСПЯЧЭННЕ АНАЛІЗУ ПРАЕКТНЫХ РАШЭННЯЎ

Адрозніваюць мадэляванне прадметнае і абстрактнае. Пры прадметным мадэляванні будуець фізічную мадэль, якая адпаведным чынам адлюстроўвае асноўныя фізічныя уласцівасці і характарыстыкі мадэляваных аб'екта. Пры гэтым мадэль можа мець іншую фізічную прыроду ў параўнанні з мадэлюемым аб'ектам (напрыклад, электронная мадэль гідраўлічнай або механічнай сістэмы. Калі мадэль і аб'ект адной і той жа фізічнай прыроды, то мадэляванне называюць фізічным.

МАТЭМАТЫЧНАЕ ЗАБЕСПЯЧЭННЕ АНАЛІЗУ ПРАЕКТНЫХ РАШЭННЯЎ

Фізічнае мадэляванне шырока ўжывалася да нядаўняга часу пры стварэнні складаных тэхнічных аб'ектаў. Звычайна вырабляўся макетны або вопытны ўзор тэхнічнага аб'екта, праводзіліся выпрабаванні, у працэсе якіх вызначаліся яго выходныя параметры і характарыстыкі, ацэньваліся надзейнасць функцыянавання і ступень выканання тэхнічных патрабаванняў, што прад'яўляюцца да аб'екта. Калі варыянт тэхнічнай распрацоўкі аказваўся няўдалым, усе паўтаралася спачатку, г. з. ажыццяўлялася паўторнае праектаванне, выраб вопытнага ўзору, выпрабаванні і г. д.

МАТЭМАТЫЧНАЕ ЗАБЕСПЯЧЭННЕ АНАЛІЗУ ПРАЕКТНЫХ РАШЭННЯЎ

Фізічнае мадэляванне складаных тэхнічных сістэм спалучаецца з вялікімі часавымі і матэрыяльнымі выдаткамі.

Абстрактнае мадэляванне звязана з пабудовай абстрактнай мадэлі. Гэтая мадэль уяўляе сабой матэматычныя суадносіны, графікі, схемы, дыяграмы і г. д. Найбольш магутным і ўніверсальным метадам абстрактнага мадэлявання з'яўляецца матэматычнае мадэляванне. Яно шырока выкарыстоўваецца як у навуковых даследаваннях, так і пры праектаванні.

МАТЭМАТЫЧНАЕ ЗАБЕСПЯЧЭННЕ АНАЛІЗУ ПРАЕКТНЫХ РАШЭННЯЎ

Матэматычнае мадэляванне дазваляе з дапамогай матэматычных знакаў і залежнасцяў скласці апісанне тэхнічнага функцыянавання аб'екта ў навакольнага знешняй асяроддзі, вызначыць выходныя параметры і характарыстыкі, атрымаць ацэнку паказчыкаў эфектыўнасці і якасці, ажыццявіць пошук аптымальнай структуры і параметраў аб'екта. Ужыванне матэматычнага мадэлявання пры праектаванні ў большасці выпадкаў дазваляе адмовіцца ад фізічнага мадэлявання, значна скараціць аб'ёмы выпрабаванняў і даводачных работ, забяспечыць стварэнне тэхнічных аб'ектаў з высокімі паказчыкамі.

МАТЭМАТЫЧНАЕ ЗАБЕСПЯЧЭННЕ АНАЛІЗУ ПРАЕКТНЫХ РАШЭННЯЎ

Матэматычная мадэль - гэта сукупнасць матэматычных аб'ектаў і адносін паміж імі, адэкватна якая адлюстроўвае фізічныя ўласцівасці ствараемага тэхнічнага аб'екта. У якасці матэматычных аб'ектаў выступаюць лічбы, зменныя, мноства, вектары, матрыцы і г. д. Працэс фарміравання матэматычнай мадэлі і выкарыстання яе для аналізу і сінтэзу называецца матэматычным мадэляваннем. У канструктарскай практыцы пад матэматычным мадэляваннем звычайна разумеецца працэс пабудовы матэматычнай мадэлі, а правядзенне даследаванняў на мадэлі ў працэсе праектавання называюць **вылічальным эксперыентам**. Гэдкае дзяленне зручна для праекціроўшчыкаў і функцыянальна цалкам абгрунтавана, таму ў далейшым будзем прытрымлівацца гэтай тэрміналогіі.

МАТЭМАТЫЧНАЕ ЗАБЕСПЯЧЭННЕ АНАЛІЗУ ПРАЕКТНЫХ РАШЭННЯЎ

Для ажыццяўлення вылічальнага эксперыменту на ЭВМ
неабходна распрацаваць алгарытм рэалізацыі
матэматычнай мадэлі.

Алгарытм - гэта прадпісанне, якое вызначае
паслядоўнасць выканання аперацый вылічальнага працэсу.
Алгарытм аўтаматызаванага праектавання ўяўляе сабой
сукупнасць прадпісанняў, якія забяспечваюць выкананне
операцый і працэдур праектавання, неабходных для
атрымання праектнага рашэння. Для нагляднасці
алгарытмы часцей за ўсе ўяўляюць у выглядзе схем або
графіў, часам даюць іх словеснае апісанне. Алгарытм,
запісаны ў форме, успрымаемай вылічальнай машынай,
ўяўляе сабой праграмную мадэль. Працэс праграмавання
назваюць праграмным мадэляваннем.

МАТЭМАТЫЧНАЕ ЗАБЕСПЯЧЭННЕ АНАЛІЗУ ПРАЕКТНЫХ РАШЭННЯЎ

Фармалізацыя працэсу праектавання на аснове матэматычнага мадэлявання дазваляе аўтаматызаваць яго. Адным з асноўных кампанентаў сістэмы аўтаматызаванага праектавання (САПР) з'яўляецца **матэматычнае забеспячэнне**, якое ўключае матэматычныя мадэлі аб'ектаў праектавання і іх элементаў, метады і алгарытмы выканання праектных аперацый і працэдур.

МАТЭМАТЫЧНАЕ ЗАБЕСПЯЧЭННЕ АНАЛІЗУ ПРАЕКТНЫХ РАШЭННЯЎ

Развіццё аўтаматызаванага праектавання прайшло некалькі стадый. Спачатку ЭВМ ўжывалася толькі для выканання вылічэнняў па метадыках, арыентаваным на самастойнае рашэнне. Гэта не ўносіла нічога новага ў працэс праектавання, а толькі паскарае выкананне асобных яго этапаў. Затым пачалі выкарыстоўваць матэматычныя мадэлі, якія дазваляюць імітаваць функцыянаванне аб'ектаў праектавання, што дазволіла забяспечыць павышэнне дакладнасці атрыманай інфармацыі, арганізаваць пошук аптымальных праектных рашэнняў і дасягнуць універсальнасці апісання асобных праектных аперацый і працэдур. Былі распрацаваны адзіныя падыходы да атрымання матэматычных мадэляў для цэлых класаў тэхнічных аб'ектаў і гэтыя падыходы ўдалося фармалізаваць. У выніку працэс фарміравання матэматычнай мадэлі аказалася магчымым ўскласці непасрэдна на ЭВМ. У далейшым асноўныя намаганні былі накіраваны на распрацоўку стратэгіі і метадалогіі аўтаматызаванага праектавання.

МАТЭМАТЫЧНАЕ ЗАБЕСПЯЧЭННЕ АНАЛІЗУ ПРАЕКТНЫХ РАШЭННЯЎ

Цалкам фармалізаваць і аўтаматызаваць працэс праектавання практычна немагчыма і немэтазгодна. На этапах распрацоўкі канцэпцыі тэхнічнай сістэмы, фарміравання тэхнічнага задання, выбару тэхнічнага рашэння: сінтэзу структуры, прыняцця рашэнняў і інш. Дзеянні канструктара, заснаваныя на яго вопыце і інтуіцыі, як правіла, непрадказальныя і не паддаюцца фармалізацыі. САПР прадугледжвае цеснае ўзаемадзеянне чалавека і ЭВМ. Гэта адзін з асноўных прынцыпаў пабудовы САПР. Разам з тым усе віды праектных работ, якія можна фармалізаваць, павінны быць аўтаматызаваны. У гэтай сувязі найважнейшая роля належыць матэматычнаму мадэляванні. Пры стварэнні САПР неабходная не толькі матэматычная мадэль ствараемага тэхнічнага аб'екта, але і мадэлі рэалізацыі ўсіх праектных аперацый і працэдур.

МАТЭМАТЫЧНАЕ ЗАБЕСПЯЧЭННЕ АНАЛІЗУ ПРАЕКТНЫХ РАШЭННЯЎ

Для распрацоўкі эфектыўнай тэхналогіі аўтаматызаванага праектавання неабходна дэталёвае ўяўленне на ўсіх этапах і стадыях стварэння аб'екта з тым, каб ажыццявіць іх фармалізацыю і матэматычнае апісанне. Найбольшы эфект можа даць аўтаматызацыя самых ранніх этапаў праектавання, калі ажыццяўляецца выбар тэхнічнага рашэння. САПР дазваляе праглядзець мностве варыянтаў і адабраць некалькі найлепшых для далейшай дэталёвай прапрацоўкі і канчатковага выбару. Як адзначаў авіяканструктар П. Сухі, памылку, дапушчаную пры завязцы праекта, ужо не выправіць дасканаласцю інжынерных разлікаў і чарцёжнымі аўтаматамі. Аднак алгарытмы выканання праектных работ на гэтых этапах і спосабы прыняцця рашэнняў яшчэ недастаткова адпрацаваны.

МАТЭМАТЫЧНАЕ ЗАБЕСПЯЧЭННЕ АНАЛІЗУ ПРАЕКТНЫХ РАШЭННЯЎ

Высокі тэхнічны ўзровень вырабу дасягаецца ў значнай меры на этапе функцыянальнага праектавання, на якім вызначаюцца асноўныя параметры аб'екта. Праектныя рашэнні пры гэтым у значнай меры вызначаюць яго якасці. Пры недастатковай прапрацоўцы праекта выдаткі на забеспячэнне якасці, абумоўленыя неабходнасцю наступнай даводкі канструкцыі, дасягаюць 10...20% ад поўнага кошту прадукцыі. Пры гэтым 50...70% агульных прычын дэфектаў прадукцыі звязан з памылкамі ў праектна-канструктарскіх рашэннях, 20...30% з недахопамі тэхналагічных працэсаў, 5...15% ўзнікаюць па віне рабочых. Таму галоўная задача дызайнера складаецца ў тым, каб выявіць і ліквідаваць патэнцыйныя крыніцы дэфектаў яшчэ на стадыі праектавання.

МАТЭМАТЫЧНАЕ ЗАБЕСПЯЧЭННЕ АНАЛІЗУ ПРАЕКТНЫХ РАШЭННЯЎ

Аперацыі і працэдуры функцыянальнага праектавання, як правіла, амаль цалкам паддаюцца фармалізацыі, што ў канчатковым выніку стварае неабходныя ўмовы для вызначэння і выбару аптымальных параметраў і структуры тэхнічнага аб'екта. Пры гэтым выкарыстоўваюцца матэматычныя мадэлі ствараемых аб'ектаў, мадэлі ацэнкі і прыняцця рашэнняў, якія ў выглядзе адпаведных алгарытмаў рэалізуюцца пры праектаванні.

Пры вырашэнні задач сінтэзу структуры, мадэляванне працэсаў функцыянавання аб'ектаў з зменнай структурай ўзнікае неабходнасць пастаяннай змены матэматычнай мадэлі.

МАТЭМАТЫЧНАЕ ЗАБЕСПЯЧЭННЕ АНАЛІЗУ ПРАЕКТНЫХ РАШЭННЯЎ

На розных этапах і стадыях праектавання складанай тэхнічнай сістэмы выкарыстоўваюцца розныя матэматычныя мадэлі. На ранніх стадыях звычайна мадэлі простыя, але чым больш падрабязна прапрацоўка праекта, тым складаней патрэбна мадэль. Матэматычныя мадэлі могуць прадстаўляць сабой сістэмы дыферэнцыяльных раўнанняў (звычайных або ў прыватных вытворных), сістэмы алгебраічных раўнанняў, простыя алгебраічныя выразы, бінарныя адносіны, матрыцы і інш. Складаныя мадэлі патрабуюць вялікіх выдаткаў часу на правядзенне вылічальных эксперыментаў. Сістэмы раўнанняў гэдкіх мадэляў звычайна адрозніваюцца дрэннай абумоўленасцю, што стварае праблемы забеспячэння ўстойлівасці вылічальнага працэсу, дасягнення неабходнай дакладнасці пры прымальным выдатках часу.

МАТЭМАТЫЧНАЕ ЗАБЕСПЯЧЭННЕ АНАЛІЗУ ПРАЕКТНЫХ РАШЭННЯЎ

Паколькі ўсе праектныя працыносяць аптымізацыйны характар, то вырашаць сістэмы раўнанняў для атрымання шуканага выніку прыпадае шматразова. Сітуацыя пагаршаецца таксама мнагамернасцю і многакрытэрыяльнасцю задач. На заключных этапах праектавання часта даводзіцца выкарыстоўваць імавернасныя мадэлі, з тым каб даследаваць працэсы функцыянавання тэхнічнай сістэмы ва ўмовах, максімальна набліжаных да рэальных.

Калі САПР запатрабуе занадта вялікіх выдаткаў часу на распрацоўку праекта вырабы, то яна наўрад ці атрымае шырокае практычнае прымяненне.

МАТЭМАТЫЧНАЕ ЗАБЕСПЯЧЭННЕ АНАЛІЗУ ПРАЕКТНЫХ РАШЭННЯЎ

Адзначаныя фактары паказваюць на неабходнасць пошуку спосабаў паскарэння апрацоўкі інфармацыі і выкарыстання эфектыўных тэхналагічных маршрутаў выканання праектных работ. Глыбокае веданне гэтых пытанняў і ўменне выбраць правільнае рашэнне пры стварэнні САПР можа прынесці значны эффект у скарачэнні матэрыяльных і часавых выдаткаў на праектаванне.

Прыведзены асноўныя звесткі аб мадэляванні тэхнічных аб'ектаў у дачыненні да сучаснай метадалогіі аўтаматызаванага праектавання, дадзена класіфікацыя матэматычных мадэляў.

МАТЭМАТЫЧНАЕ ЗАБЕСПЯЧЭННЕ АНАЛІЗУ ПРАЕКТНЫХ РАШЭННЯЎ

Пры аўтаматызаваным праектаванні выкарыстоўваюцца тэарэтычныя і эксперыментальныя, дэтэрмінаваныя і імавернасныя, статычныя і дынамічныя, структурныя і функцыянальныя мадэлі і інш.

Асаблівая ўвага нададзена распрацоўцы алгарытмаў фарміравання матэматычных мадэляў складаных тэхнічных сістэм з мадэляў элементаў, што дазваляе аўтаматызаваць працэс фарміравання і ажыццяўляць яго непасрэдна на ЭВМ.

ПАТРАБАВАННІ ДА МАТЭМАТЫЧНАГА ЗАБЕСПЯЧЭННЯ

Пры стварэнні матэматычнага забеспячэння САПР павінны ўлічвацца наступныя патрабаванні :

- 1) алгарытмічная надзейнасць,
- 2) дакладнасць,
- 3) універсальнасць,
- 4) эканамічнасць (затраты машыннага часу, выкарыстоўваемая памяць).

ПАТРАБАВАННІ ДА МАТЭМАТЫЧНАГА ЗАБЕСПЯЧЭННЯ

Алгарытмічная надзейнасць - ўласцівасць кампанента МЗ даваць пры яго ўжыванні і загадзя пэўных абмежаваннях правільныя вынікі. Колькаснай ацэнкай алгарытмічнай надзейнасці служыць верагоднасць атрымання правільных вынікаў пры выкананні абумоўленых абмежаванняў на прымяненне метаду. Калі гэтая верагоднасць роўная адзінцы або блізкая да яе, то кажуць, што метада алгарытмічных надзейны.

ПАТРАБАВАННІ ДА МАТЭМАТЫЧНАГА ЗАБЕСПЯЧЭННЯ

З праблемай разумення надзейнасці цесна звязана праблема ўстойлівасці матэматычных мадэляў і задач. Пра дрэнны ўстойлівасці кажуць у выпадках, калі малыя хібнасці зыходных дадзеных прыводзяць да вялікіх хібнасцяў вынікаў. Гэта прыводзіць не толькі да зніжэння дакладнасці вынікаў праектавання, але і да росту выдаткаў машыннага часу. Для аналізу і аптымізацыі аб'ектаў з няўстойлівымі мадэлямі неабходна прымяняць спецыяльныя метады з падвышанай алгарытмічнай надзейнасцю.

ПАТРАБАВАННІ ДА МАТЭМАТЫЧНАГА ЗАБЕСПЯЧЭННЯ

Дакладнасць з'яўляецца найбольш важным уласцівасцю ўсіх кампанентаў МЗ і вызначае ступень супадзення разліковых і сапраўдных вынікаў. Алгарытмічных надзейныя метады могуць даваць розную дакладнасць. І толькі ў выпадках, калі дакладнасць аказваецца горш гранічна дапушчальных значэнняў або рашэнне наогул немагчыма атрымаць, кажуць не аб дакладнасці, а аб алгарытмічнай надзейнасці.

У большасці выпадкаў рашэнне праектных задач характарызуецца сумесным выкарыстаннем шматлікіх кампанентаў МЗ, што абцяжарвае ацэнку ўплыву хібнасці асобных кампанентаў. Пры неабходнасці ацэнкі іх дакладнасці праводзяць вылічальныя эксперыменты.

ПАТРАБАВАННІ ДА МАТЭМАТЫЧНАГА ЗАБЕСПЯЧЭННЯ

Адэкватнасць. Мадэль лічыцца адэкватнай, калі адлюстроўвае зададзеныя ўласцівасці аб'екта з дакладнасцю прымальнай.

Вызначэнне абласцей адэкватнасці для пэўных мадэляў - складаная працэдура, якая патрабуе вялікіх вылічальных выдаткаў. Гэтыя выдаткі і цяжкасці прадстаўлення вобласці адэкватнасці хутка растуць з павелічэннем памернасці прасторы знешніх параметраў. Вызначэнне галіне адэкватнасці - больш складаная задача, чым, напрыклад, задача параметрычнай аптымізацыі, таму мадэляў для зноў праектаваных аб'ектаў вобласці адэкватнасці не разлічваюць.

Аднак для мадэляў уніфікаваных элементаў разлік абласцей адэкватнасці становіцца апраўданай у сувязі з аднакратнасцю яе вызначэння і шматкратнасцю іх выкарыстання пры праектаванні розных сістэм. Веданне вобласці адэкватнасці дазваляе правільна выбіраць мадэлі элементаў з ліку існуючых і тым самым павышаць дакладнасць вынікаў машынных разлікаў.

ПАТРАБАВАННІ ДА МАТЭМАТЫЧНАГА ЗАБЕСПЯЧЭННЯ

Універсальнасць МЗ вызначае яго дастасавальнасць да шырокаму класе праектаваных аб'ектаў. Асабліва гэта важна пры стварэнні комплексных САПР, якія ўключаюць розныя віды задач ад канструявання вырабы і праектавання тэхналагічных працэсаў да выбару рэжучага інструмента і праектавання канструкцый адмысловага абсталявання на аснове аналізу.

Універсальнасць МЗ робіць зручным выкарыстанне ЭВМ, спрашчаючы методыку аўтаматызаванага праектавання. У той жа час варта адзначыць, што ўніверсальнасць не мае колькаснай ацэнкі. Рэалізуючы тую ці іншую мадэль і метады, распрацоўшчык МЗ мусіць пазначыць дакладныя межы іх прымянімасці. Калі адэкватнасць характарызуецца станам і памерамі вобласці адэкватнасці, то ўніверсальнасць мадэлі вызначаецца лікам і складам ўлічваюцца ў мадэлі знешніх і выходных параметраў.

ПАТРАБАВАННІ ДА МАТЭМАТЫЧНАГА ЗАБЕСПЯЧЭННЯ

Выдаткі машыннага часу шмат у чым вызначаюцца складанасцю праектаваных аб'ектаў і памерам вырашаемых задач. Машыннае час вылічальнага працэсу з'яўляецца галоўным фактарам, які абмяжоўвае пры спробах падвысіць складанасць праектаваных на ЭВМ аб'ектаў.

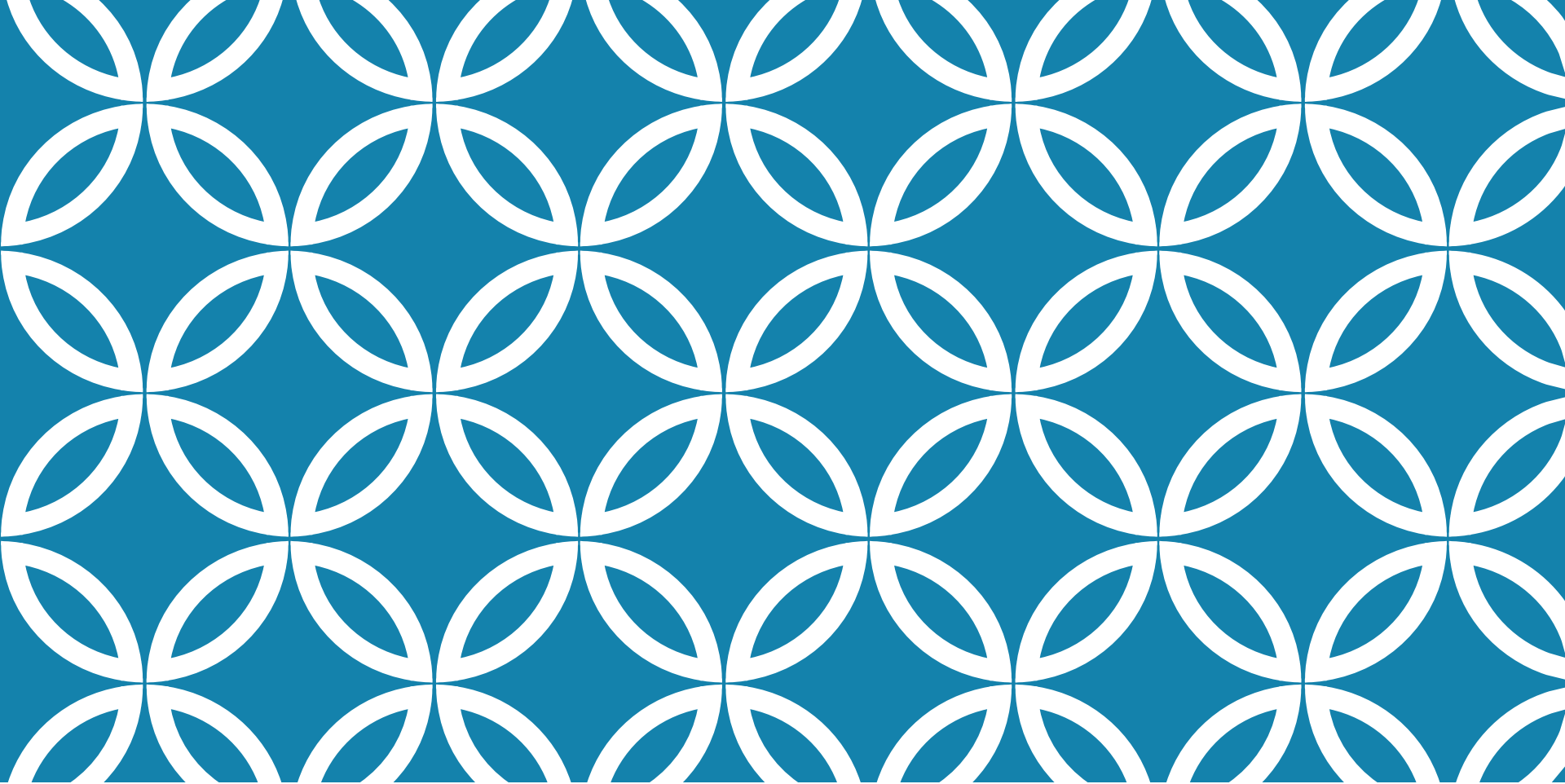
Адным з шляхоў скарачэння тэрмінаў праектавання з'яўляецца прымяненне ў САПР шматпрацэсарных вылічальных сістэм, якія забяспечваюць распараллельванне працэсу вылічэння. У сувязі з гэтым можна адзначыць, што найважнейшым паказчыкам эканамічнасці МЗ з'яўляецца яго прыстасаванасць да распараллельванню працэсу праектавання.

ПАТРАБАВАННІ ДА МАТЭМАТЫЧНАГА ЗАБЕСПЯЧЭННЯ

Выкарыстоўваная памяць з'яўляецца другім пасля выдаткаў машыннага часу паказчыкам эканамічнасці МО. Выдаткі памяці вызначаюцца даўжынёй праграмы і аб'ёмам якія выкарыстоўваюцца масіваў дадзеных. Нягледзячы на значнае павелічэнне ёмістасці апэратыўнай памяці ў сучасных ЭВМ патрабаванні па выдатках памяці застаюцца актуальнымі. Гэта звязана з тым, што ў мультыпраграмным рэжыме функцыянавання ЭВМ задача з запытам большага аб'екта памяці атрымлівае больш нізкі прыярытэт, і ў выніку час яе знаходжання ў сістэме павялічваецца і прадукцыйнасць працэсу праектавання зніжаецца.

ПАТРАБАВАННІ ДА МАТЭМАТЫЧНАГА ЗАБЕСПЯЧЭННЯ

У мэтах эканоміі выдаткаў аператыўнай памяці выкарыстоўваюць знешнюю памяць (накапляльнікі на магнітных дысках). Аднак частыя звароты да знешняй памяці прыводзяць да павелічэння выдаткаў машыннага часу, таму пры распрацоўцы метадаў праектавання, алгарытмаў і праграм даводзіцца вырашаць кампраміс з мэтай рацыянальнага падзелу працэсу выкарыстання двух відаў памяці ЭВМ.



НА СЁННЯ ЎСЕ

ДЗЯКУЙ ЗА ЎВАГУ!