ՀՀ ԳԱԱ ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱՅԻ ԵՎ ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՄԱՆ ՊՐՈԲԼԵՄՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

ԱՐԹՈՒՐ ԺՈՐԱՅԻ ՔԵՅԱՆ

ԿԱՄԱՅԱԿԱՆ ՈՒՐՎԱԳԾՈՎ ԵՐԿՉԱՓ ՄԱՐՄԻՆՆԵՐԻ ՁԵՎՄԱՆ ԽՆԴՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆ և ԾՐԱԳՐԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՄՇԱԿՈՒՄ

Ե.13.05 – «Մաթեմատիկական մոդելավորում, թվային մեթոդներ և ծրագրերի համալիրներ» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

Երևան – 2016

ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ИНФОРМАТИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ НАН РА

АРТУР ЖОРАЕВИЧ КЕЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДАЧИ РАСКРОЯ ДВУМЕРНЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.13.05 –“Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ”

Ереван – 2016

Ատենախոսության թեման հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ Ինֆորմատիկայի և ավտոմատացման պրոբլեմների ինստիտուտում:

Գիտական ղեկավար՝ ֆիզ.մաթ.գիտ. դոկտոր Մ. Ե. Հարությունյան
Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ ֆիզ.մաթ. գիտ. դոկտոր Հ. Գ. Գեոլեցյան
տեխ.գիտ. թեկնածու Մ.Ղ. Գյուրջյան
Առաջատար կազմակերպություն՝ Հայ-Ռուսական (Սլավոնական) համալսարան

Պաշտպանությունը կայանալու է 2016թ. հուլիսի 11-ին, ժ. 16:00-ին ՀՀ ԳԱԱ Ինֆորմատիկայի և ավտոմատացման պրոբլեմների ինստիտուտում գործող 037 «Ինֆորմատիկա և հաշվողական համակարգեր» մասնագիտական խորհրդի նիստում հետևյալ հասցեով՝ Երևան, 0014, Պ. Սևակի 1:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ինստիտուտի գրադարանում:
Սեղմագիրն առաքված է 2016թ. հունիսի 11-ին:

Մասնագիտական խորհրդի
գիտական քարտուղար, ֆ.մ.գ.դ. Հ. Գ. Սարուխանյան

Тема диссертации утверждена в Институте проблем информатики и автоматизации НАН РА

Научный руководитель: доктор физ.-мат. наук М.Е. Арутюнян
Оффициальные оппоненты: доктор техн. Наук Г.Г. Геолецян
канд техн. наук М.К. Гюрджян

Ведущая организация: Российско-Армянский (Славянский) университет

Защита состоится 11 июля 2016г. в 16:00 на заседании специализированного совета 037 “Информатика и вычислительные системы” в Институте проблем информатики и автоматизации НАН РА по адресу: 0014, г. Ереван, ул. П. Севака 1.

С диссертацией можно ознакомится в библиотеке ИПИА НАН РА.

Автореферат разослан 11 июня 2016г.

Ученый секретарь специализированного совета
доктор физ.мат.наук А. Г. Саруханян

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

Թեմայի արդիականությունը:

Այսօր արտադրության ոլորտում բնորոշ է ինֆորմացիոն տեխնոլոգիաների կիրառությունը՝ հումքի կորուստները առավելագույնս նվազեցնելու նպատակով, ինչը բավական կարևոր է շուկայական հարաբերություններում: Արտադրող տարբեր սուբյեկների առաջ խնդիր է դրված առավելություն ձեռք բերել մրցակցային պայքարում նոր տեխնոլոգիաների կիրառության շնորհիվ նյութական ծախսերի մակարդակը նվազեցնելու միջոցով: Դրան կարելի է հասնել ներդնելով արդյունավետ մաթեմատիկական մեթոդներ և ծրագրային միջոցներ:

Իրական կյանքի արտադրության պայմաններում կոմբինատոր օպտիմիզացիայի խնդիրների մի դաս են կազմում ձևման և փաթեթավորման խնդիրները, որոնք համակարգչային գիտության ոլորտում դասական և դժվարին խնդիրների ցանկում են[123]: Այս խնդիրները ուսումնասիրվել են տասնյակ տարիներ, և այսօր աշխատանքները շարունակվում են գտնելու նոր մոտեցումներ և ավելի լավ արդյունքներ: Վերջին տարիներին այս խնդիրների նկատմամբ աճող հետաքրքրությունը պայմանավորված է դրանց տեսական բարդությամբ և կիրառությունների բազմազանությամբ:

Այս տիպի խնդիրները պատկանում են NP լրիվ դասին, այսինքն հնարավոր չէ գտնել ալգորիթմ, որը որոշի օպտիմալ լուծումը բազմանդամային ժամանակում: Հաջողվում է միայն գտնել մոտարկող ալգորիթմներ, որոնք օպտիմալին ամենամոտ հնարավոր լուծումն են առաջարկում:

Կան խնդրի բազմապիսի տարբերակներ կախված կիրառություններից, ինչպես նաև բազմապիսի մոտեցումներ դրանց լուծման համար: Այդ խնդիրները բաժանվում են ենթադասերի ըստ չափողականության (միաչափ, երկչափ և եռաչափ) կախված կիրառական մեկնաբանությունից: Ալգորիթմները դասակարգվում են նաև որպես առցանց (online) և արտացանց (offline) խմբերի: Առցանց տարբերակում դետալները հարկավոր է փաթեթավորել կամ ձևել ըստ դրանց հայտվելու հերթականության,

---

[1] Бабаев Ф.В. Оптимальный раскрой материалов с помощью ЭВМ/ Ф.В. Бабаев. М: Машиностроение, 168 с., 1982.

[2] Скатерной В.А., Оптимизация раскроя материалов в легкой промышленности, Изд. Легпромбытиздат, 143с., 1989.

[3]Канторович Л. В., Залгаллер В. А. Рациональный раскрой промышленных материалов. — Новосибирск: Наука, 1971.

չունենալով ինֆորմացիա հաջորդների մասին, ի տարբերություն արտացանց դեպքին, երբ դետալների ամբողջ բազմությունը նախորոք հայտնի է, և կարելի է դրանց հերթականությունը փոխել:

Այս աշխատանքը նվիրված է արտացանց երկչափ ձևման խնդիրների ուսումնասիրությանը, երբ հարկավոր է սահմանափակ հումքից, օրինակ, փայտից, կաշվից, մետաղից կամ թղթից, ձևել տարբեր ավելի փոքր չափի դետալներ, որոնց ցուցակը հայտնի է: Խնդրի նպատակն է հումքի մաքսիմալ օգտագործումը կամ կորուստների նվազեցումը: Հումքի օպտիմալ օգտագործման խնդրի լուծմանը վերաբերվող բազմաթիվ հոդվածներ են հրապարակվել[4][5][6]: Գծային ծրագրավորման դասական մեթոդները, որոնք հաջողությամբ կիրառվում են մասսայական արտադրության դեպքում, դժվար կիրառելի են անհատական արտադրության պայմաններում, երբ լինում են անհատական պատվերներ, և որպես կանոն օգտագործվում է թանկարժեք հումք: Ճշգրիտ օպտիմալ լուծումը հնարավոր է միայն հատարկման եղանակով, ինչը պրակտիկայում հնարավոր չէ կիրառել ժամանակի մեծ կորուստների պատճառով: Այդ իրավիճակում մեծ ուշադրություն է հատկացվում էվրիստիկ ալգորիթմների մշակմանը և հետազոտմանը: Դրանց արդյունավետությունը ստուգվում է փորձարկումների միջոցով:

Հաշվողական ժամանակի էական ծախսի և տեխնոլոգիական սահմանափակումների պայմաններում սովորաբար կիրառվում են ծրագրային համակարգեր: Սակայն երկչափ ձևում իրականացնող գոյություն ունեցող հասանելի համակարգերը աշխատում են միայն ուղղանկյունների հետ, մինչդեռ շատ կիրառություններում, օրինակ, կաշվի իրերի արտադրությունում, առկա են կամայական ուրվագծով երկչափ մարմիններ:

Այս իրավիճակում արդիական էր մշակել նոր էվրիստիկ ալգորիթմ և ծրագրային համակարգ, որը կիրականացներ կամայական ուրվագծով երկչափ մարմինների արդյունավետ ձևումը:

Հետազոտության նպատակը:

---

[4] Belov G., Problems, models and algorithms in one- and two-dimensional cutting, Dresden, 118p, 2004.

[5] Khan A. Approximation algorithms for multidimentional bin packing, PhD thesis, 2015.

[6] Lodi A., Martello S., Monaci M., "Two-dimensional packing problems: A survey". European Journal of Operational Research (Elsevier), vol. 141, pp. 241–252, 2002.

Աշխատանքի նպատակն է մշակել կամայական ուրվագծով երկչափ մարմինների արդյունավետ ձևումը իրականացնող ծրագրային համակարգ: Այդ նպատակին հասնելու համար մշակվել են մաթեմատիկական մոդելներ, նոր էվրիստիկ ալգորիթմ և ծրագրային համակարգ կամայական ուրվագծով մարմինների ձևման խնդրի լուծման համար:

Հետազոտման օբյեկտը:

Հետազոտման օբյեկտ են հանդիսանում ձևման խնդրի հետ կապված արտադրական տեխնոլոգիական գործընթացները: Հետազոտության առարկա են ձևման և փաթեթավորման խնդիրների մաթեմատիկական մոդելները և լուծման մեթոդները:

Հետազոտման մեթոդները:

Ալգորիթմների և ծրագրային համակարգի մշակման համար կիրառվել են ալգորիթմների տեսությունը, ծրագրային համակարգերի նախագծման ժամանակակից տեխնոլոգիաները: Ծրագրային համակարգերի նախագծման համար օգտագործվել են .NET պլատֆորմի C#, բազաների հետ աշխատելու համար SQL և ինտերֆեյսի նկարագրման համար HTML լեզուները և Visual Studio ծրագրային միջավայրերը: Ստացված արդյունքների արդյունավետությունը գնահատելու համար կիրառվել են թվային փորձարկումների արդյունքների գնահատման ստանդարտ եղանակները իրական արտադրության պայմաններում:

Հետազոտության գիտական նորույթը:

Կամայական ուրվագծով երկչափ մարմինների ձևման խնդրի լուծման ալգորիթմ գրականության մեջ չկար, նման լուծում առաջարկվում է առաջին անգամ:

Աշխատանքում առաջարկված են նոր մոտեցումներ, ինչպես նաև հայտնի մեթոդների մոդիֆիկացիաներ օբյեկտների մոդելավորման և դիսկրետացման համար:

Առաջարկված է կամայական ուրվագծով երկչափ մարմինների ձևման նոր էվրիստիկ ալգորիթմ:

Մշակվել է matrix.dll մատրիցների հետ աշխատելու ֆունկցիաների գրադարան:

Մշակվել է կամայական ուրվագծով երկչափ մարմինների ձևումը իրականացնող ծրագիր, ի տարբերություն բոլոր երկչափ ձևում իրականացնող ծրագրերի, որոնք աշխատում են միայն ուղղանկյունների հետ:

Ստացված արդյունքների կիրառական նշանակությունը:

Մշակված պարզ և մատչելի ինտերֆեյսով MIC Host համակարգը

հնարավորություն է տալիս մոդելավորել իրական մարմինները, ներմուծել հումքի մոդելը վնասված մասերով: Այն իրականացնում է ձևումը, հաշվի առնելով հումքի վնասված հատվածները: Ատենախոսությունում դիտարկված մոդելները և առաջարկված լուծումները օժտված են ունիվերսալությամբ և կարող են կիրառվել արտադրության տարբեր ոլորտներում:

Ներդրումներ:

MIC Host Ծրագրային համակարգը փորձարկվել և ներդրվել է երկու փայտամշակման մասնավոր արդյունաբերության արտադրամասերում: Համակարգի կիրառման շնորհիվ բարձրացել է արտադրության արդյունավետությունը, կրճատվել են ծախսերը ավելի քան 20 տոկոսով:

Մշակված matrix.dll գրադարանը ներդրվել է github ազատ օգտագործման գրադարանների ռեսուրսում:

Պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները:

- Մշակվել է ծրագրային միջավայր կամայական ուրվագծով երկչափ օբյեկտները մոդելավորելու համար: Այն ներառում է գործիքներ պարզ երկրաչափական օբյեկտների ստեղծման համար, դրանց հետ փոփոխություններ կատարելու, ինչպես նաև բարդ ուրվագծեր ստեղծելու համար:
- Առաջարկվել է եղանակ երկրաչափական մոդելների դիսկրետացման համար:
- Առաջարկվել է էվրիստիկ արտացանց ալգորիթմ կամայական ուրվագծով երկչափ մարմինների ձևման խնդրի արդյունավետ լուծման համար:
- Մշակվել է matrix.dll մատրիցների հետ աշխատելու ֆունկցիաների գրադարան:
- Մշակվել է ծրագիր, որը իրականացնում է կամայական ուրվագծով երկչափ մարմինների ձևումը տված հումքի պայմաններում: Այն ունի պարզ և մատչելի ինտերֆեյս:

Ապրոբացիա:

Ատենախոսության արդյունքները զեկուցվել են.

- Երկրորդ միջազգային ուսանողական սիմպոզիումում “Математика и информационные технологии в приложениях”, Сочи, 2016.
- ՀՀ ԳԱԱ ԻԱՊԻ ընդհանուր սեմինարում:

Հրապարակումներ:

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները հրապարակվել են երեք գիտական հոդվածներում, որոնց ցանկը բերված է սեղմագրի վերջում:

Ատենախոսության կառուցվածքը և ծավալը:

Ատենախոսությունն իր մեջ ներառում է ներածություն, չորս գլուխ, եզրակացություններ, գրականության ցանկ՝ իր 106 հղումներով: Ատենախոսության ընդհանուր ծավալը՝ 100 էջ:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ներածության մեջ հիմնավորվել է ատենախոսության թեմայի արդիականությունը, ներկայացվել են հետազոտության նպատակն ու խնդիրները, գիտական նորույթը, պաշտպանությանը ներկայացվող հիմնական դրույթները, հետազոտության տեսական և գործնական նշանակությունը:

Ատենախոսության առաջին գլխում ձևակերպվում և դասակարգվում են ձևման և փաթեթավորման խնդիրների դասը, ինչպես նաև վերլուծվում են հայտնի խնդիրները և ալգորիթմները: <<Ձևման և փաթեթավորման հիմնական խնդիրները, ալգորիթմները>> վերնագրված այս գլուխը բաղկացած է 16 բաժիններից և ներառում է մի շարք հայտնի ալգորիթմներ, ինչպես նաև գործող համակարգերի ամփոփ հետազոտություն: Դրանց շարքում է նաև Վ. Մ. Կոտովի և Դ. Ցաոնի առաջարկած[7] էվրիստիկ ալգորիթմը երկչափ մեկ մեծ ուղղանկյան փաթեթավորման խնդրի համար (2D-SLBPP-two-dimensional single large bin packing problem)՝ հիմնված գոգավոր անկյան սկզբունքի վրա (BCC-based on concave corner): Այս ալգորիթմը հիմնաքար հանդիսացավ նոր ալգորիթմի ստեղծման համար, այդ պատճառով արժանացավ հատուկ ուշադրության:

Այս գլխում կատարված վերլուծությունը ցույց է տալիս խնդիրների բազմազանությունը, դրանց կիրառական նշանակությունը և առաջարկվող լուծումների բարդությունը: Չնայած գիտական հրապարակումների մեծ թվին, մնում են մի շարք բաց խնդիրներ, որոնցից մեկը կամայական ուրվագծով երկչափ մարմինների ձևման

[7] Kotov V. M., Dayong Cao. A heuristic algorithm for the two-dimensional single large bin packing problem. Buletinul Academiei de Stinte a Republicii Moldova. Matematica, No. 3(64), pp. 23-28, 2010.

խնդիրն է: Այս աշխատանքի հաջորդ գլուխները նվիրված են այդ պրոբլեմի հետազոտմանը:

Ատենախոսության **երկրորդ գլուխը** նկարագրվում է կամայական ուրվագծով երկչափ օբյեկտների մոդելավորման համար առաջարկված մոտեցումը և մշակված ծրագիրը: Այն ներառում է գործիքներ պարզ երկրաչափական օբյեկտների ստեղծման համար, դրանց հետ տարբեր գործողություններ կատարելու համար, ինչպես նաև բարդ ուրվագծեր ստեղծելու համար:

Բաժին 2.1-ում հիմնավորվել է մոդելավորման նպատակը, ուսումնասիրվել են այլ համակարգերի թերությունները:

Կամայական ուրվագծով օբյեկտների ստեղծման հիմնական սկզբունքը տարրական երկրաչափական պատկերների հետ գործողություններ կատարելն է, քանի որ յուրաքանչյուր բարդ պատկեր բաղկացած է տարրական պատկերների որևէ քանակից: Այդ պատկերները կարող են մշակվել ձեռքով, մկնիկի կամ կոորդինատների օգնությամբ:

Բաժին 2.2-ում բերված է տարրական երկրաչափական պատկերների մոդելավորման նկարագրությունը: Երկրաչափական պատկերներ կամ մարմիններ ստեղծելու համար ծրագրային միջավայրում մշակվել են հատուկ գործիքներ, որոնց միջոցով կարելի է կառուցել հիմնական երկրաչափական մարմինները՝ ուղղանկյուն, էլիպս, բեկյալ, ընդ որում նշված 3 տարրերից հնարավոր է պատրաստել մնացյալ բոլոր մարմինները՝ քառակուսի, շրջան և այլն:

Տարրական պատկերներից ավելի բարդ մարմիններ ստանալու համար պետք է նրանց ձևափոխել, այսինքն տեղաշարժել, պտտել, փոփոխել չափսերը: Բարդ օբյեկտներ կառուցելու համար ծրագիրը պետք է հիշի բոլոր այն պարզ երկրաչափական օբյեկտները, որոնցից բաղկացած է բարդ օբյեկտը, ձևափոխի դրանք տված ճանապարհով:

Նշված տարրերից յուրաքանչյուրի համար առանձնացված են գործիքամիջոցներ, նրանցից յուրաքանչյուրն ունի աշխատանքի մի քանի ռեժիմ, դրանք կօգնեն, որպեսզի ծրագիրը լինի առավել ճկուն, իսկ մարմինների կառուցումը լինի ավելի արագ և առանց խոչընդոտների ու մոդելավորման խորը գիտելիքների տիրապետման:

Բաժին 2.3-ում նկարագրված է ինչպիսի գործողություններ կարելի է կատարել ստեղծված օբյեկտների հետ: Օբյեկտների **շարժումը** տեղի է ունենում երկրաչափական կենտրոնի նկատմամբ, իսկ այդ կենտրոնը որոշվում է հետևյալ կերպ՝ ուղղակի նրան արտագծած ուղղանկյան վերին ձախ անկյունի կոորդինատներին գումարում ենք նրա բարձրության և լայնության կեսը, և քանի որ մեր դեպքում որպես սկզբնակետ ընտրված է վերին ձախ անկյունը, ապա կունենանք հետևյալ տեսքը՝

$$x = TopLeft.x + Width/2;$$

$$y = TopLeft.y + Height/2; \quad (2.1)$$

որտեղ $TopLeft.x$ և $TopLeft.y$ ուղղանկյան վերին ձախ անկյան x և y կոորդինատներն են: Տեղաշարժելուց հետո նոր կետի կոորդինատները կորոշվեն հետևյալ բանաձևով՝

$$x' = x + d_x;$$

$$y' = y + d_y;$$

(2.2)

որտեղ x' -ը և y' -ը կետի նոր կոորդինատներն են, իսկ d_x և d_y տեղաշարժման արժեքներն են, որոնք որոշվում են մկնիկի ընթացիկ կոորդինատներից հանելով սկզբնական կոորդինատները:

Պտտման ժամանակ որպես առանցք ընտրվում է կենտրոնը, կամ այն կետը, որի կոորդինատները մուտքագրվել են օգտագործողի կողմից: Պտտումը կատարվում է կամ նախապես տրված անկյան չափով կամ մկնիկի անիվի օգնությամբ կամ տրված քանակով: Նոր կոորդինատները որոշվում են հետևյալ բանաձևերով՝

$$x' = x + \tan(A) - (y - Ck_x);$$

$$y' = y + \tan(A) - (x - Ck_y); \quad (2.3)$$

որտեղ A-ն պտտման անկյունն է, Ck_x և Ck_y համապատասխանաբար կենտրոնական կետի x և y կոորդինատներն են:

Հնարավոր է նաև ներմուծել **չափի փոփոխություն**, դրա համար կրկին անհրաժեշտ են կենտրոնական կետի կոորդինատները: Չևափոխությունը կկատարվի հետևյալ բանաձևերի օգնությամբ.

$$x' = S_x * x + (CS_x - S_x * CS_x);$$

$$y' = S_y * y + (CS_x - S_y * CS_y);$$

(2.4)

որտեղ S_x և S_y հորիզոնական և ուղղահայաց մասշտաբայնության գործակիցներն են, CS_x և CS_y կենտրոնական կետի կոորդինատներն են:

Բաժին 2.4-ում կատարված է գործողությունների համար մշակված գործիքամիջոցների նկարագրությունը իրենց ռեժիմներով: Դրանք են՝ Տեղաշարժ (Move), Պտտում (Rotate), Խոշորացում (Zoom), Պատճենում (Copy), Հեռացում (Delete), Հիշել (Save), Բացել (Open), Խմբակային ընտրում (Multi Group):

Բաժին 2.5-ում նկարագրված են այն լուծումները, որոնք առաջարկված են տարրական երկրաչափական մարմիններից բարդ մարմինների ստացման համար: Ցանկացած երկրաչափական մարմին կարելի է ներկայացնել տարրական երկրաչափական մարմիններից բաղկացած պատկերի տեսքով: Բեկյալները հիմնականում օգտագործվում են, որպեսզի տրվի մարմնի հիմնական ուրվագիծը, իսկ նրա հետագա մշակումը կատարվում է հեռացնելով, կամ նրան կցելով այլ բեկյալներ կամ շրջաններ: Դիտարկված են միջին բարդության պատկերի ստեղծման քայլերը, նկարագրված է ինչպես կլորացնել անկյունները կամ կողերը:

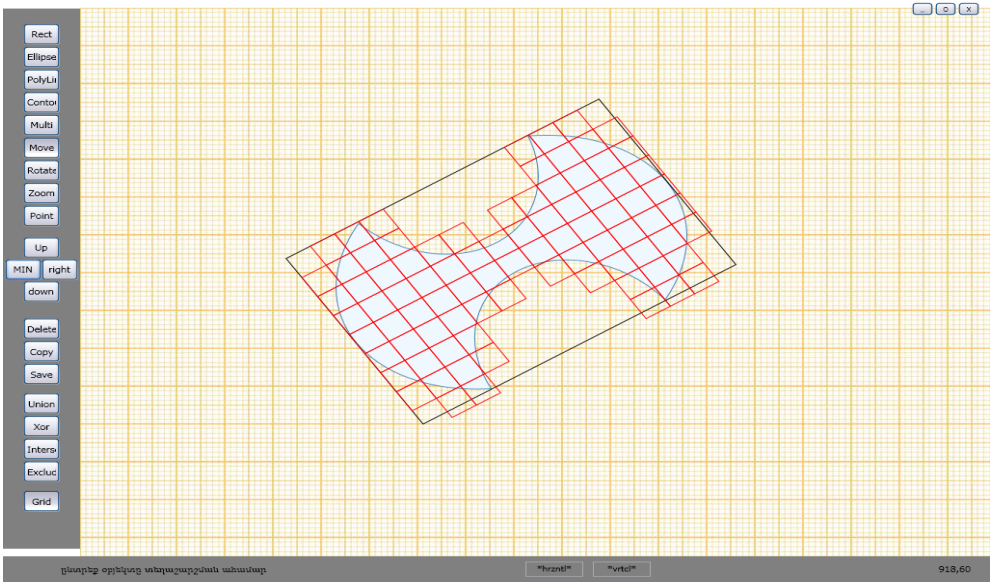
Ստեղծված են նաև միջոցներ, որոնց օգնությամբ կարելի է ավելի բարդ պատկերները ստանալ մի քանի տարրական տարրերի համադրությամբ: Համադրությունները 4-ն են.

- **Union** ստեղծում է տարր, որն իր մեջ ներառում է 2 բաղկացուցիչ տարրերի բոլոր կետերը,
- **Intersect** ստեղծում է տարր, որն իր մեջ ներառում է 2 բաղկացուցիչ տարրերի ընդհանուր կետերը,
- **Xor** ստեղծում է տարր, որն իր մեջ ներառում է 2 բաղկացուցիչ տարրերի բոլոր այն կետերը, որոնք պատկանում են կամ 1-ին կամ 2-րդ բաղկացուցիչ տարրին, բայց ոչ այդ երկուսին միանգամից:
- **Exclude** ստեղծում է տարրը, որն իր մեջ ներառում է 1-ին բաղկացուցիչ տարրի բոլոր կետերը, բացառությամբ այն կետերի, որոնք ընդհանուր են 2-րդ բաղկացուցիչ տարրի հետ:

Բաժին 2.6. –ը եզրափակում է այս գլուխը ափոփումով: Այսպիսով, մշակվել է եղանակ և ստեղծվել է ծրագրային միջավայր, որը իրականացնում է կամայական ուրվագծով երկչափ օբյեկտների մոդելավորում: Այն ներառում է մի շարք գործիքներ տարբեր բարդության օբյեկտների մոդելավորման և դրանց հետ գործողություններ կատարելու համար: Ծրագրի առավելություններից են արագագործությունը և պարզությունը, ինչը շատ կարևոր է լայն ոլորտի օգտվողների համար:

Մակերեսի վրա մարմինների օպտիմալ բաշխման խնդրի լուծման նպատակով առաջարկվել է մոդելների դիսկրետացման մոտեցումը, որը նկարագրված է **երրորդ գլխում**: Տրված խնդիրը լուծվում է մի քանի քայլերով՝ նախ պետք է գտնել դետալներին

արտագծված մինիմալ մակերեսով ուղղանկյունը, որն անհրաժեշտ է, որպեսզի խնդրի լուծումը բերվի արդեն իսկ լուծված խնդրի, որն է՝ ուղղանկյուների օպտիմալ բաշխումն ուղղանկյան վրա: Հետո այն բաժանվում է ավելի մանր խորանարդների, որից հետո հեռացվում են ավելորդ խորանարդները, դետալը մոտավոր ընդունում է հետևյալ տեսքը (Նկ. 3.1), որից հետո նրանք դասավորվում են հումքի վրա:



Նկ. 3.1. Մոդելավորված դետալի տեսքը ինտերֆեյսում:

Բաժին 3.1-ում նկարագրված է մինիմալ մակերեսով արտագծած ուղղանկյան որոնումը: Այս խնդրի լուծման համար որոշվեց արտագծած ուղղանկյունները կառուցել անյպես, որ նրանց կողմերը լինեն կոորդինատների առանցքներին զուգահեռ, և տարրը պտտելով նրա կենտրոնի շուրջը, նույն ալգորիթմով նրան արտագծել ուղղանկյունը, որոշել թե բոլոր արտագծած ուղղանկյուններից որն ունի մինիմալ մակերես: Պտույտը կատարվում է 0 – 90 աստիճաններով, քանի որ ամեն 90 աստիճանից հետո ուղղանկյան մակերեսը նույնությամբ կրկնվում է: Այս գործընթացի ճշտությունը կախված է պտույտի քայլից, այսինքն ինչքան փոքր է պտույտի անկյունը, այնքան ճշգրիտ են, բայց ավելի շատ հաշվարկները: Այն կիրառական խնդիրներում, որտեղ հումքը համասեռ չէ, այսինքն կարևոր է դետալի

ուղղությունը, օրինակ, կտոր, փայտ և այլն, ընտրվում է այն ուղղանկյունը, որը արտագծած է դետալին անհրաժեշտ ուղղությամբ՝ առանց պտույտների:

Բաժին 3.2-ում նկարագրված է դիսկրետացման գործընթացը: Դիսկրետացում ասելով հասկանում ենք, որ արտագծած ուղղանկյունը պետք է բաժանվի ավելի փոքր վանդակների: Դիսկրետացումը կատարվում է ըստ այն ճշտության, որով պետք է լուծվի խնդիրը, այսինքն որոշվում է ինչ չափով է կատարվում ուղղանկյունների բաժանումը: Այստեղ նույնպես օգտագործողը պետք է լուծի կոմպրոմիսային խնդիր՝ կախված գործի ճշտությունից և աշխատանքի կատարման արագությունից՝ այսինքն ինչքան փոքր լինեն քառակուսիները, որոնցով պետք է կատարվի դիսկրետացումը, այնքան ավելի դանդաղ կկատարվի այդ գործընթացը, սակայն ճշտությունը կլինի ավելի բարձր: Լռելյայն դիսկրետացման գործակից է վերցվում 30 պիքսելը:

Բաժին 3.3-ում նկարագրված է դիսկրետացման վերջին փուլը, երբ յուրաքանչյուր ուղղանկյանը համապատասխանության մեջ է դրվում երկուական մատրից: Վերցնում ենք n և m չափսերով երկչափ մատրից, որտեղ n–ը համապատասխանում է հորիզոնական վանդակների թվին, իսկ m-ը դա ուղղահայաց վանդակների թիվն է: Դրանից հետո այն բոլոր դիրքերում, որտեղ առկա է դետալ, դնում ենք 1, իսկ որտեղ վանդակները հեռացված են, դնում ենք 0: Դրանից հետո ծրագրային մշակումն անհամեմատ պարզ է դառնում, և եթե հարկավոր է օրինակ, պտտել պատկերը 90 աստիճանով, ապա իր հետ պտտում ենք նաև նրան կից մատրիցը: Այսպիսով, նշված մատրիցների հիման վրա տեղի է ունենում բաշխումը, իսկ արդեն բաշխումից հետո անցնում ենք մատրիցների փոխարինմանը իրենց տարրերով, որը տեղի է ունենում ըստ իրենց 3 չափման՝ տարրի համարի:

Բաժին 3.4-ում ամփոփված են երրորդ գլխի արդյունքները: Այսպիսով, ներկայացվեց կամայական ուրվագծով երկչափ երկրաչափական մոդելների դիսկրետացման առաջարկված եղանակը: Այն կիրառվում է ինչպես հումքի, այնպես էլ ձևելու ենթակա դետալների մոդելների վրա: Նախ գտնում ենք երկրաչափական մոդելին արտագծած ուղղանկյուն՝ նվազագույն մակերեսով: Հաջորդ քայլում արտագծած ուղղանկյունը բաժանվում է վանդակների տված ճշտությամբ, և դատարկ վանդակները հեռացվում են: Վերջին փուլում յուրաքանչյուր մոդելին համապատասխանության մեջ է դրվում երկուական մատրից: Այս տեսքը հետագայում մասնակցում է առաջարկված էվրիստիկ ալգորիթմում, որը նկարագրված է հաջորդ գլխում: Յուրաքանչյուր մոդելի համարը պահվում է, ձևելուց հետո դետալը վերականգնելու համար:

Չորրոդ գլխում նկարագրված է առաջարկված էվրիստիկ ալգորիթմը և մշակված ծրագրային համակարգը՝ հիմնված այդ ալգորիթմի վրա: Բերված են ծրագրային համակարգի տեխնիկական նկարագրությունը և առաջարկված լուծումները:

Բաժին 4.1-ում բերված է նոր էվրիստիկ ալգորիթմի նկարագրությունը: Մտցված է մաքսիմալ համապատասխանություն (fit) գաղափարը: Խնդիրն է՝ ապահովել դետալների միմյանց առավելագույն հպումը, ինչը նշանակում է, որ մի դետալի եզրային 1 էլեմենտին անմիջապես պետք է հաջորդի մյուս դետալի եզրային 1 էլեմենտը:

Ֆիթ է կոչվում երկու հարևան դետալների ընդհանուր շփման գծի վրայի էլեմենտների հարաբերությունը նույն շփման գծի վրա գտնվող 1-երի քանակին արտահայտված տոկոսներով:

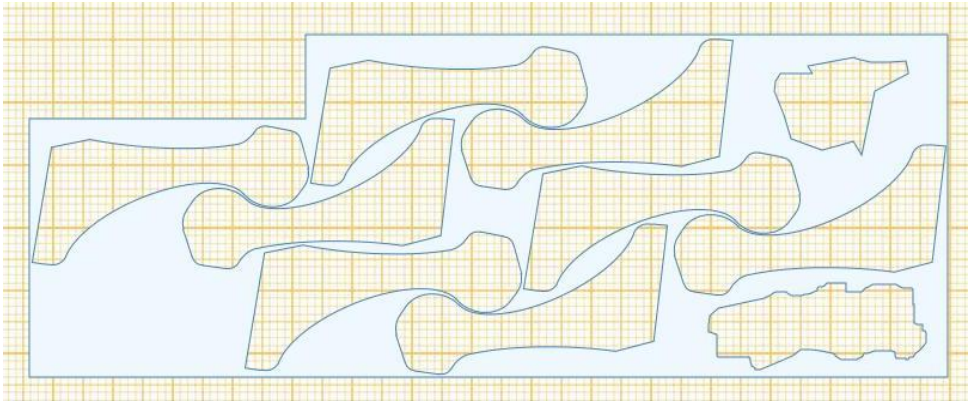
$$fit = n_{մեկ} / n_{ընդհանուր} * 100\%$$

Ալգորիթմի կառուցման ժամանակ օգտվում ենք 1.10 բաժնում նկարագրված գոգավոր անկյունների գաղափարից: Դետալների բաշխումը հումքի վրա սկսում ենք ամենամեծ կտորից, կամ այլ կերպ ասած ամենաշատ 1-եր ունեցողից: Ալգորիթմը ունի հետևյալ քայլերը.

1. Գտնել ամենաշատ 1-եր ունեցող ձևման ենթակա դետալը;
2. Յուրաքանչյուր գոգավոր անկյան համար հաշվել ֆիթը;
3. Տեղադրել դետալը այն անկյունում, որի ֆիթը մեծագույնն է;
4. Հումքի այն մասը, որտեղ տեղադրվել է դետալը, փոխել 0-երը 1-երով;
5. Հանել դետալը ձևման ենթակա հաջորդականությունից:

Ալգորիթմը շարունակում է իր աշխատանքը մինչև տեղի ունենա հետևյալ պայմաններից որևէ մեկը՝

1. այլևս ոչ մի դետալ չտեղավորվի հումքի դատարկ մասերում, այսինքն հումքի սահմանակից զրոների քանակը փոքր լինի ամենափոքր դետալի 1-երի քանակից;
2. խնդիրը լուծվի ամբողջությամբ՝ դետալները ամբողջությամբ բաշխվեն հումքի վրա:



Նկ. 4.4. Ձևման վերջնական արդյունքը

Ալգորիթմի ավարտից հետո դետալները վերականգնվում են ըստ իրենց համարների: Ձևման վերջնական տեսքը պատկերված է նկար 4.4-ում:

Բաժին 4.2-ում նկարագրվել է մշակված ինտերֆեյսի գործիքամիջոցները: Դրանք են.

1. **Էլեմենտներ ստեղծող**: Սրանց մասին նկարագրվել է առաջին գլխում, օգտագործվում են էլեմենտների ստեղծելու համար:
2. **Մոնիպուլացիոն**: Օգտագործվում են ձևափոխություններ կատարելու համար:
3. **Մուտքի – ելքի**: Կարելի է հիշել պատրաստի դետալը և այնուհետև նրան օգտագործել բազմակի անգամ: «Details» կոճակի վրա սեղմելուց հետո կբացվի դիալոգային պատուհանը, որի վրայից կարելի է ընտրել այն բոլոր դետալները, որոնք մասնակցելու են բաշխմանը:
4. **Խմբավորման**: Հնարավորություն է տալիս խմբավորել դետալները: (Նկարագրված 1 առաջին գլխում):
5. **Տեղաշարժման և խոշորացման**: Սրանք արված են հարմարավետության համար՝ ապահովում են ավելի մեծ տարածք աշխատանքի համար: Հնարավորություն է ստեղծված խոշորացնել ամբողջ տարածքը՝ առավել մանրակրկիտ աշխատանքի համար:
6. **Ինֆորմացիոն մուտք – ելք**: Օգտագործողին է ինֆորմացիա է տալիս ծրագրի կարգավիճակի կամ առաջընթացի մասին, ինչպես նաև օգտագործողը ներմուծում է տվյալներ:
7. **Ծրագրի կառավարման**: Սրանք ստանդարտ են համարվում: Բաղկացած է երեք կոճակից՝ մինիմացնել ծրագիրը, վերաբեռնավորել այն և անջատել:

Բաժին 4.3-ում բերված է մշակված MIC Host ծրագրային ապահովման տեխնիկական նկարագիրը: Ծրագրային համակարգը մշակվել է Windows օպերացիոն համակարգի համար: Համակարգի նախագծման համար օգտագործվել են .NET պլատֆորմի C#, բազաների հետ աշխատելու համար SQL և ինտերֆեյսի նկարագրման համար HTML լեզուները և Visual Studio ծրագրային միջավայրերը:

Քանի որ C# լեզվում չկա անհրաժեշտ գրադարան, որը կարող է մատրիցի հետ կատարել բոլոր անհրաժեշտ գործողությունները, որոշվեց ստեղծել գրադարան MartixHelper անունով: Այն ևս իրենից ներկայացնում է կլաս, և իր մեջ ներառում է մի քանի մատրիցների հետ աշխատելու համար անհրաժեշտ ֆունկցիաները: Գրաֆիկական մասի համար պատասխանատու է WPF (windows presentation foundation), սա պլատֆորմ է արտացանցային ծրագրեր գրելու համար, սրա միջոցով կառուցված էլեմենտները XAML ֆորմատով պահվում են տվյալների բազայում ENTITY FRAMEWORK-ի միջոցով, որը .NET-ի նորագույն ORM (Object relational mapping)-ն է, որը կլասները կապում է տվյալների հենքերի օբյեկտների հետ: Մատրիցային բաշխման ինտերֆեյսի համար օգտագործվել է MVC (Model view controller) նմուշը:

Բաժին 4.4-ը ամփոփիչ է: Այսպիսով, ներկայացվեց նոր էվրիստիկ ալգորիթմը և մշակված MIC Host ծրագրային համակարգը: Ալգորիթմի իրականացման համար մշակվել է matrix.dll մատրիցների հետ աշխատելու ֆունկցիաների գրադարանը, որը ներդրվել է github ազատ օգտագործման գրադարանների ռեսուրսում: Ծրագրային համակարգի աշխատանքի արդյունավետությունը ստուգելու համար այն փորձարկվել է և ներդրվել երկու փայտամշակման մասնավոր արդյունաբերության արտադրամասերում: Համակարգի կիրառման շնորհիվ բարձրացել է արտադրության արդյունավետությունը, կրճատվել են ծախսերը ավելի քան 20 տոկոսով:

Աշխատանքի հիմնական արդյունքները:

Այսպիսով, աշխատանքում ստացվել են հետևյալ հիմնական արդյունքները.

- Մշակվել է եղանակ և ծրագրային միջավայր, որը մոդելավորում է կամայական ուրվագծով երկչափ օբյեկտները: Այն ներառում է գործիքներ պարզ երկրաչափական օբյեկտների ստեղծման համար, դրանց հետ փոփոխություններ կատարելու, ինչպես նաև բարդ ուրվագծեր ստեղծելու համար: [1]
- Առաջարկվել է եղանակ երկրաչափական մոդելների դիսկրետացման համար: [2]
- Առաջարկվել է էվրիստիկ արտացանց ալգորիթմ կամայական ուրվագծով երկչափ մարմինների ձևման խնդրի արդյունավետ լուծման համար:[3]
- Մշակվել է matrix.dll մատրիցների հետ աշխատելու ֆունկցիաների գրադարան:[3]
- Մշակվել է ծրագիր, որը իրականացնում է կամայական ուրվագծով երկչափ մարմինների ձևումը տված հումքի պայմաններում:[3]

Հրատարակված աշխատությունների ցանկը:

1. Keyan A. “Modeling of Irregularly Shaped Two – Dimensional Objects”, Transactions of IIAP NAS RA, Mathematical Problems of Computer Science, vol. 44, 2015, pp. 154-160.
2. Keyan A. “Discretization of geometric models”, Transactions of IIAP NAS RA, Mathematical Problems of Computer Science, vol. 45, 2016, pp. 99-105.
3. Keyan A. “Single large bin packing problem of irregularly shaped two – dimensional objects”, Материалы Второго Международного студенческого симпозиума “Математика и информационные технологии в приложениях”, стр. 74-76, Сочи, 2016.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДАЧИ РАСКРОЯ ДВУМЕРНЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ

РЕЗЮМЕ

Актуальность исследования.

Проблема упаковки и раскроя является одним из классических и сложных проблем в области информационных технологий. Эта проблема была изучена много лет, и сегодня исследования продолжаются, чтобы найти новые подходы и лучшие результаты. Существуют различные варианты задачи и подходы к их решению, много работ опубликовано относительно этой проблемы. Поскольку задачи упаковки и раскроя относятся к классу NP-полных задач, то возможно только нахождение приближенных алгоритмов, наиболее близких к оптимальному.

Задачи раскроя и упаковки можно разелить на подклассы по размерности (1D,2D, 3D) в зависимости от прикладной интерпретации. Алгоритмы классифицируются также как online и offline, когда список деталей, подлежащих раскрою, заранее не известен или известен.

Данная работа посвящена исследованию задачи двумерного offline раскроя, когда имеется ограниченное сырье, например дерево, кожа, метал или бумага, и более мелкие детали произвольной формы. Цель задачи максимальное использование сырья или уменьшение отходов.

В условиях технологических ограничений и существенной траты вычислительного времени обычно применяют программные средства. Однако существующие доступные системы двумерного раскроя работают только с прямоугольниками, в то время, как во многих приложениях, имеются детали произвольной формы.

Цель исследования.

Целью научной работы является разработка программной системы, осуществляющей раскрой двумерных деталей произвольного контура. Для достижения данной цели разработаны математические модели, новый эвристический алгоритм и комплекс программ для решения задачи раскроя деталей произвольного контура.

Научная новизна исследования.

Алгоритма решения задачи раскроя двумерных деталей произвольного контура в литературе найдено не было, подобное решение предлагается впервые.

В работе предложены новые подходы, а также модификации известных методов для моделирования и дискретизации деталей.

Предложен новый эвристический алгоритм раскроя двумерных деталей произвольного контура.

Разработана библиотека matrix.dll функций работы с матрицами.

Разработа программа раскроя двумерных деталей произволного контура, в отличии от других программ двумерного раскроя, которые работают только с прямоуголниками.

Практическая значимость исследования.

Разработанная с простым и доступным интерфейсом система MIC Host позволяет моделировать реальные детали, а также сырье с дефектами. Она осуществляет раскрой с учетом дефектов сырья. Система внедрена на двух частных деревообрабатывающих производственных участках. В результате применения системы увеличилась эффективность производства, сократились расходы более чем на 20 %.

Рассмотренные в диссертации модели и предложенные решения универсальны и могут быть использованы в различных областях производста.

Результаты.

В работе получены следующие основные результаты:

- Разработаны метод и програмная среда моделирования двумерных деталей произвольного контура. Включены инструменты для создания простых геометрических объектов, для их изменения, а также для создания сложных контуров. [1]
- Предложен метод для дискретизации геометрических моделей. [2]
- Предложен эвристический offline алгоритм для эффективного решения задачи раскроя двумерных деталей произвольного контура.[3]
- Разработана библиотека функций matrix.dll для работы с матрицами.[3]
- Разработана система раскроя двумерных деталей произвольного контура с учетом свойств данного сырья.[3]

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы с 106 ссылками. Общий объем диссертации составляет 100 компьютерных страниц.

INVESTIGATION OF THE CUTTING PROBLEM OF IRREGULARLY SHAPED TWO-DIMENSIONAL OBJECTS AND DEVELOPMENT OF SOFTWARE SYSTEM

SUMMARY

The relevance of the research.

The cutting and bin packing problem is one of the classic and challenging problems in the field of computer science. This problem has been studied many years and to this date work is going on to find new improvised approaches and better results. There are different variants of the problem and similarly several approaches for tackling them, a lot of papers have been published relating to this problem. Since bin packing belongs to the class of NP hard problems, it is really difficult to come up with a polynomial time algorithm which solves the problem to give an optimal solution. So as a result, approximation algorithms are presented to find the possible solution closest to the optimal.

The cutting and packing ploblems can be classified into subclasses by dimension (1D, 2D, 3D) depending on the application interpretation. Algorithms are also classified as online and offline, when the list of items for cutting are previously unknown or known.

This work is devoted to the investigation of the problem of two-dimensional offline cutting when there is a limited raw materials, such as wood, leather, metal or paper, and a list of arbitrary shaped details. The purpose of the task is to maximize the use of raw materials or the reducing of waste.

In the conditions of technological constraints and significant waste of computing time ussually software systems are used. Actually there are some existing softs that can solve this issue, but they do not work with irregular shapes, only with rectangles.

The aim of the research.

The aim of this research is to develop a software system implementing the cutting of two-dimensional irregularly shaped objects. To achieve this goal, mathematical models, a new heuristic algorithm and a software package are developed for solving the problem of cutting two-dimensional irregularly shaped objects.

Scientific novelty of the research.

Algorithms for solving the problem of cutting of two-dimensional irregularly shaped objects were not found in the literature, such a solution is offered for the first time.

In this work we propose new approaches, as well as modifications of known techniques for modeling and discretization of details.

A new heuristic algorithm for cutting two-dimensional irregularly shaped objects is proposed.

A library matrix.dll of functions for matrices is developed.

A software tool of cutting two-dimensional irregularly shaped objects is created, unlike the other two-dimensional cutting programs that work only with rectangles.

The practical significance of the research.

Designed with a simple and accessible interface MIC Host system allows to model the real details, as well as raw materials with defects. It performs cutting taking into account the raw material defects. The system was applied on two private wood production areas. As a result of the application of the system the efficiency was increased, the costs were reduced by more than 20%.

The considered in the dissertation models and the proposed solutions are universal and can be used in various production fields.

The results of the research.

Thus, the main results of the work are the following:

- A method and a software environment is implemented for modeling of two - dimensional irregularly shaped objects. It includes tools for creating simple geometrical objects, for manipulating with them and for creating complex shapes from real life objects. [1]
- A method of discretization of geometric models is proposed. [2]
- A heuristic offline algorithm for the effective solution of the two - dimensional irregularly shaped objects cutting problem is suggested. [3]
- A library matrix.dll of functions for matrices is developed. [3]
- A software system for cutting two-dimensional irregularly shaped objects is created, taking into account the properties of the raw material. [3]

The structure of the dissertation.

The dissertation includes the introduction, four chapters, the conclusion, bibliography with 106 sources. The work consists of 100 printed pages.