

**UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY**

ROZŠÍRENIE AUTOMATICKEJ KONŠTRUKCIE ZÁVISLÉHO ŠVA

Bakalárska práca

2020

František Tomana

**UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY**

ROZŠÍRENIE AUTOMATICKEJ KONŠTRUKCIE ZÁVISLÉHO ŠVA

Bakalárska práca

Študijný program: Aplikovaná informatika

Študijný odbor: 2511 Aplikovaná informatika

Školiace pracovisko: Katedra aplikovanej informatiky

Školiteľ: Doc. RNDr. Milan Ftáčnik, CSc.

Konzultant: Ing. Karol Žitňanský

Bratislava, 2020

František Tomana



Univerzita Komenského v Bratislave
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Meno a priezvisko študenta: František Tomana
Študijný program: aplikovaná informatika (Jednoodborové štúdium, bakalársky I. st., denná forma)
Študijný odbor: aplikovaná informatika
Typ záverečnej práce: bakalárska
Jazyk záverečnej práce: slovenský
Sekundárny jazyk: anglický

Názov: Rozšírenie automatickej konštrukcie závislého šva
The extension of automatic construction of dependent seam

Anotácia: Firma assyst vyvinula prvú verziu softvérového modulu, ktorý dokáže zrekonštruovať pravidlá pre konštrukciu závislého šva zo vstupnej geometrie hlavnej a nezávislej švovej kontúry. Tento modul dokáže v súčasnosti zrekonštruovať 2/3 zákazníckych dát. Cieľom práce je zanalyzovať možné konštrukčné pravidlá závislého šva, kategorizovať chybové situácie ich implementácie v SW module firmy assyst, navrhnúť vlastné riešenie a implementovať ďalšie algoritmy automatickej konštrukcie závislého šva, ktoré rozšíria existujúci modul, aby pokryl čo najväčšie množstvo dát pri rekonštrukcii závislého šva.

Vedúci: doc. RNDr. Milan Ftáčnik, CSc.
Katedra: FMFI.KAI - Katedra aplikovanej informatiky
Vedúci katedry: prof. Ing. Igor Farkaš, Dr.
Dátum zadania: 05.10.2019

Dátum schválenia: 07.10.2019

doc. RNDr. Damas Gruska, PhD.
garant študijného programu

.....
študent

.....
vedúci práce

Čestné vyhlásenie

Čestne vyhlasujem, že som túto bakalársku prácu vypracoval samostatne s použitím citovaných zdrojov.

V Bratislave, dňa 14. 5. 2020

.....

František Tomana

Pod'akovanie

Chcem sa pod'akovať svojmu školiteľovi Doc. RNDr. Milanovi Ftáčnikovi, CSc. a konzultantovi Ing. Karolovi Žitňanskému za cennú pomoc, rady, konzultácie a čas, ktorý mi venovali počas písania bakalárskej práce. (upravím a doplním na konci písania práce)

ABSTRAKT

TOMANA, František: *Rozšírenie automatickej konštrukcie závislého šva*
[Bakalárska práca]. Univerzita Komenského v Bratislave, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Katedra aplikovanej informatiky. Vedúci bakalárskej práce: Doc. RNDr. Milan Ftáčnik, CSc. Bratislava: Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK, 2020, xy strán.

Cieľom bakalárskej práce je zanalyzovať možné konštrukčné pravidlá závislého šva, kategorizovať chybové situácie ich implementácie v softvérovom module firmy assyst, navrhnúť vlastné riešenie a implementovať ďalšie algoritmy automatickej konštrukcie závislého šva, ktoré rozšíria existujúci modul, aby pokryl čo najväčšie množstvo dát pri rekonštrukcii závislého šva.

Kľúčové slová: šev, hlavná kontúra, švová kontúra

(upravím a doplním na konci písania práce)

ABSTRACT

TOMANA, František: *The extension of automatic construction of dependent seam* [Bachelor thesis]. Comenius University in Bratislava, Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, Department of Applied Informatics. Bachelor thesis supervisor: Doc. RNDr. Milan Ftáčnik, CSc. Bratislava: Faculty of Mathematics, Physics and Informatics CU, 2020, xy pages.

The aim of the bachelor thesis is to create a (upravím a doplním na konci písania práce)

Keywords: seam, main contour, seam contour

Obsah

ÚVOD	1
1. VÝCHODISKÁ PRÁCE	2
1.1. CAD softvér	2
1.2. Vysvetlenie pojmov	3
1.2.1. Konštrukčné pravidlá	4
1.3. Formát AAMA/ASTM	8
1.4. Stupňovanie	8
1.5. Metrika hodnotenia presnosti kontúry	9
1.5.1. Minkowského suma	9
1.5.2. Odchýlkové plochy	11
1.6. Globálna optimalizácia	12
1.6.1. Differential evolution	12
1.7. Súčasný stav rekonštrukcie	13
1.7.1. Sekvenčný diagram.....	13
1.7.2. Analýza problematiky	14
LITERATÚRA	16

Úvod

Predkladaná bakalárska práca vznikla v spolupráci s nemeckou firmou Assyst GmbH, ktorá sa zaoberá vývojom aplikácií pre odevný priemysel. Hlavným dôvodom výberu tejto témy bola možnosť nahliadnuť priamo do praxe tvorby softvéru. Rovnako silnou motiváciou je aj možnosť pracovať vo vývojovom tíme a podieľať sa na tvorbe softvéru, na ktorom pracuje skupina skúsených programátorov.

Odborníci pôsobiaci v odevnom priemysle používajú rôzne CAD systémy pri tvorbe a návrhu jednotlivých dielov odevu. Tieto diely vytvárajú pomocou konštrukčných pravidiel daného CAD softvéru. Avšak počas prechodu medzi systémami sa stratia dôležité informácie z odevárskeho hľadiska napriek tomu, že majú medzi sebou dohodnutý všeobecný výmenný formát. Preto sa firma Assyst rozhodla vytvoriť softvérový modul, ktorý dokáže aplikovať konštrukčné pravidlá a automaticky zrekonštruovať jednotlivé diely odevu z cudzích CAD softvérov ako keby boli konštruované softvérom firmy Assyst.

V súčasnosti tento softvérový modul na automatickú rekonštrukciu obsahuje nedostatky. Mojim cieľom je zanalyzovať ich, problémové dáta zoradiť do skupín podľa dostupných konštrukčných pravidiel. Následne navrhnúť riešenie a implementovať ďalšie algoritmy s cieľom pokryť čo najväčšie množstvo zákazníckych dát počas automatickej rekonštrukcie.

Práca je rozdelená na 4 kapitoly. Prvá sa venuje opisu súčasného stavu softvéru, zdôvodňuje potrebu rozšírenia automatickej konštrukcie a popisuje technológie, ktoré budú použité na tvorbu. Druhá kapitola popisuje architektúru a návrh použitých algoritmov.

Tretia kapitola zobrazuje implementačnú časť softvéru, akým spôsobom boli riešené skupiny problémov. Záverečná kapitola zobrazuje výsledky analýzy zákazníckych dát po implementácii algoritmov a opisuje nedostatky, ktoré sa nepodarilo vyriešiť.

1. Východiská práce

Prvá kapitola s názvom *Východiská práce* vysvetľuje základné pojmy potrebné na pochopenie danej problematiky. Popisuje konštrukčné pravidlá softvéru cad.assyst, ktoré sú potrebné pri rekonštrukcii. Uvádza dôvod prečo je potrebné riešiť danú problematiku. Rozoberá a vysvetľuje súčasný stav softvérového modulu. Ukončená je prvou analýzou zákazníckych dát, ktorá predstavuje východiskový stav našu prácu na tejto téme.

1.1. CAD softvér

S rozvojom informatickej oblasti sa globálne dostáva do popredia počítačom podporovaný návrh v rôznych sférach odvetví. „Skratka CAD je počítačom podporovaný návrh alebo počítačová podpora tvorby konštrukčnej dokumentácie. Ide o programové vybavenie pre geometrické a matematické modelovanie súčiastok a ich vlastností.“ [7]

Okrem grafických činností CAD systémy umožňujú realizovať aj rôzne inžinierske výpočty a analýzy pričom spolupracujú s desiatkami iných podporovaných programov. Tieto programy zahŕňame do jedného celku ako CAD/CAM systémy.

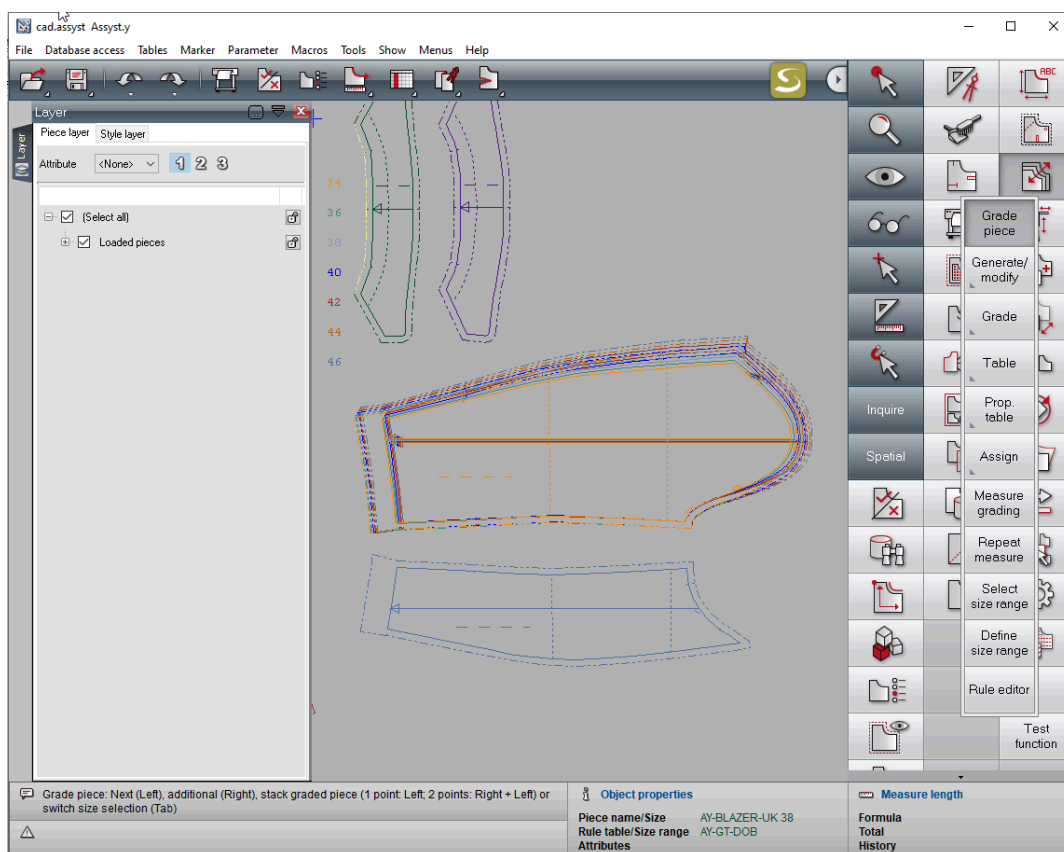
Odborníci v takýchto systémoch navrhujú výkresovú, konštrukčnú a výrobnú dokumentáciu k výrobkom. Proces návrhu vykonávajú s využitím prostriedkov výpočtovej techniky pokročilých konštrukčných softvérových aplikácií ako sú napríklad CATIA, UNIGRAPHICS, AutoCAD, cad.assyst, atď.

Každá z aplikácii ponúka možnosť vybrať si výstupný formát, v ktorom sa uloží celý výrobný výkres. Tieto výstupné formáty môžeme rozdeliť na špecifické, ktoré sú vlastné iba danej aplikácii a štandardizované, pre výmenu dát medzi rôznymi CAD aplikáciami.

„Prvé takéto systémy vznikli v čase, keď požiadavky na vzájomnú komunikáciu neboli tak veľké ako v súčasnosti. Štruktúra ich dát bola v princípe vždy zložitejšia ako napríklad štruktúra textových súborov. Navyše takmer každý výrobca takéhoto programu používa interne uzavretý formát dát, ktorý vyvíja súčasne s vývojom programu. Výrobcovia na nátlak užívateľov zvolili kompromis a vytvorili všeobecné výmenné formáty DXF a iné...“ [1]

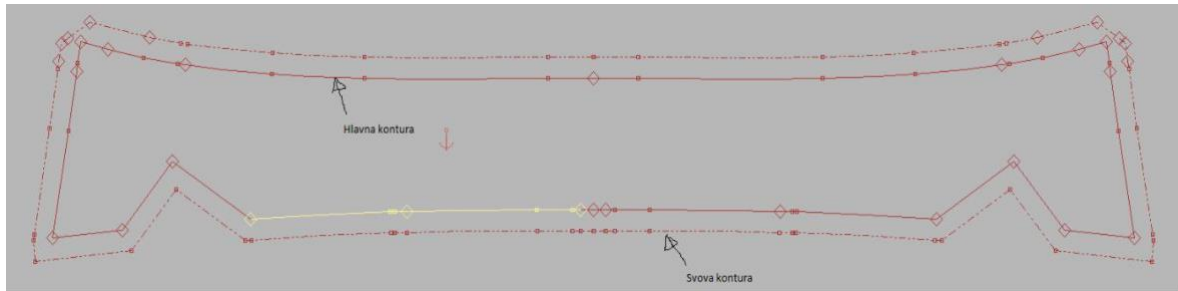
1.2. Vysvetlenie pojmov

Firma assist pracuje, okrem iného, na softvéry s názvom cad.assist, ktorý umožňuje dizajnérom navrhovať jednotlivé diely odevu (alebo iných predmetov, ktoré sa režu z látky) a zároveň tieto diely môžu byť stupňované v rôznych veľkostiach na základe stupňovacej tabuľky.



Obr. č.1 – cad.assist s príkladom stupňovaného dielu

Každý navrhnutý diel sa skladá z jednotlivých typov elementov a zároveň tento diel tvoria spravidla dve kontúry hlavná a švová pozri (obrázok č.2). Pri stupňovanej hlavnej kontúre sa v každej veľkosti prideli rovnaký švový prídavok. To znamená, že švová kontúra stupňuje spolu s hlavnou kontúrou. Veľkosť švového prídavku všeobecne závisí od stupňovacej tabuľky.



Obr. č.2- zobrazenie dielu

- **hlavná kontúra** sa nereže, iba určuje miesto, v ktorom sú samotné diely spolu spájané (zošívané, zavarované a pod.).
- **švová kontúra** určuje predlohu, po ktorej sa reže pomocou rezacieho zariadenia.

Švová kontúra je vytvorená buď ako nezávislý alebo ako závislý šev a skladá sa z elementov.

- **nezávislý šev** je tvorený elementami, ktoré nie sú závislé od hlavnej kontúry. Je to nežiadaný stav, pretože posunutím bodov na hlavnej kontúre švová kontúra nemení svoj tvar.
- **závislý šev** sa skladá z elementov, ktoré sú závislé od elementov na hlavnej kontúre a k týmto elementom sú zadané konštrukčné pravidlá.

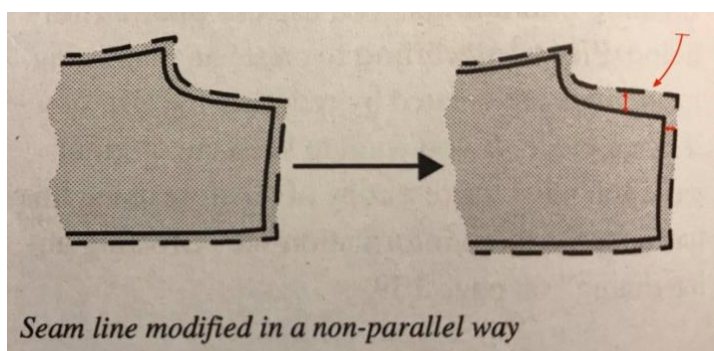
1.2.1. Konštrukčné pravidlá

Informácie ako konštruovať závislý šev sú uložené na samotnom diely, na elementoch hlavnej kontúry alebo na bodoch medzi elementami. Ak to nie je špecifikované inak cad.assyst vytvorí paralelnú kópiu elementov hlavnej kontúry. Ak návrhár posunutím zmení tvar hlavnej kontúry, cad.assyst automaticky zmení tvar šva.

Počas tvorby závislého šva sa dajú priradiť nasledujúce konštrukčné pravidlá:

- **Elementom**

- **Paralelné**, kde veľkosť švového prídavku je rovnaká po celej dĺžke elementu. Takto vytvorený švový element je paralelný k elementu hlavnej kontúry. [11]
- **Neparalelné**, kde veľkosť švového prídavku je iná na začiatku a na konci elementu. Počas priebehu sa veľkosť prídavku mení lineárne vzhľadom k polohe medzi začiatkom a koncom. [11]

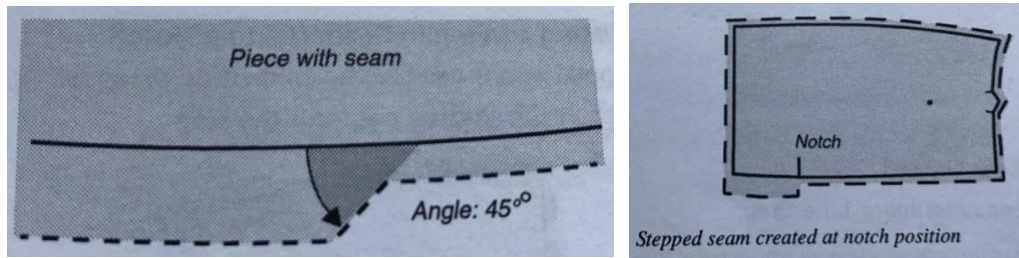


Obr. č.3 – zobrazenie neparalelného šva k elementu

- **Švový schodík**

- Vytvorený švový element má dve paralelné oblasti. Prechod medzi nimi môže byť definovaný vzhľadom na začiatok/koniec elementu, (dĺžka kroku zostane pri odstupňovaní rovnaká) alebo v pomere k odstupňovanému zástrihu na hlavnej kontúre, kde sa dĺžka kroku mení s veľkosťou dielu pri stupňovaní podľa stupňovacieho pravidla zástrihu. [11]

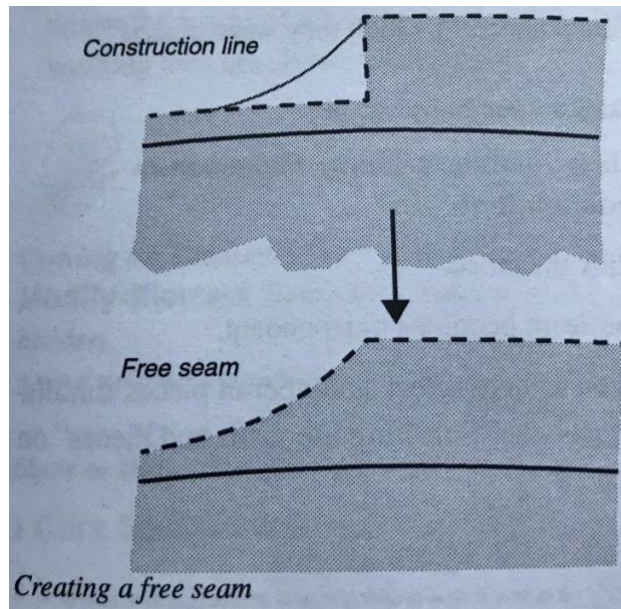
Na vytvorenie schodíku je potrebná šírka švového prídavku na začiatku, koncová šírka, krok a uhol. Uhol sa počíta od hlavnej kontúry v protismere hodinových ručičiek k švovej kontúre bez ohľadu na polohu kroku.



Obr. č.4 – zobrazenie konštrukčného pravidla švový schodík

- **Voľný šev**

- Definuje sa pomocou ľubovoľnej konštrukčnej čiary, väčšinou sa používa vtedy, ak sa požadovaný tvar nedá dosiahnuť iným konštrukčným pravidlom. [11]

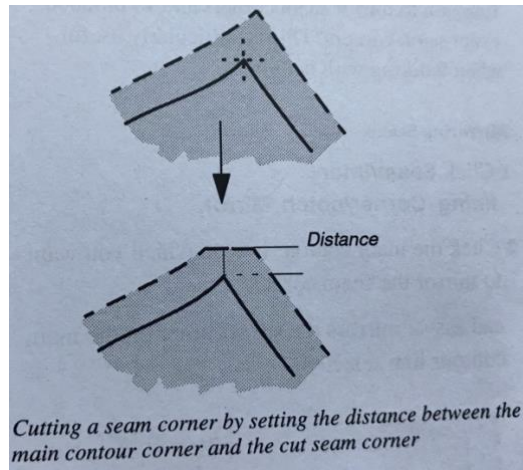


Obr. č.5 – zobrazenie voľného šva

- Bodom medzi elementami

- **Zastrihnutý roh**

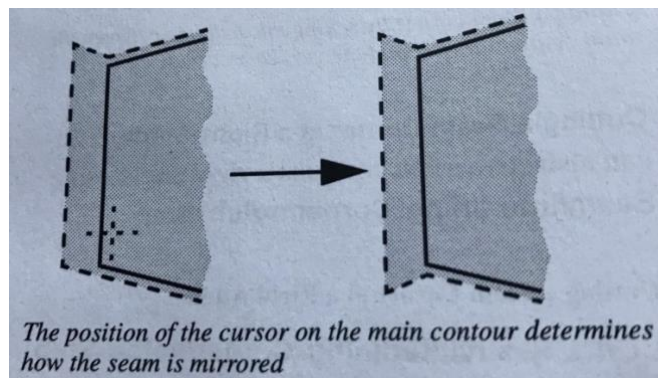
- Je špecifikovaný vzdialenosťou priamky (orezávajúcej zrekonštruovanú švovú kontúru) od rohového bodu na hlavnej kontúre a jej uhlom. [11]



Obr. č.6 – zastrihnutý roh

- **Zrkadlený roh**

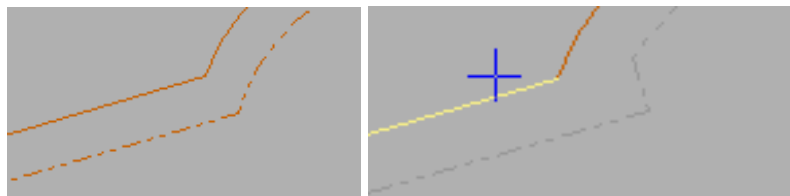
- Zrkadlový roh sa vytvára zrkadlovo k vybranej rohovej čiare šva.



Obr. č.7 – zrkadlený roh

- **Kolmý roh**

- Vytvára sa ako pravý uhol k vybranej rohovej čiare šva.



Obr. č.8 – kolmý roh

1.3. Formát AAMA/ASTM

Tento formát bol vytvorený na uľahčenie komunikácie CAD/CAM systémami, ktoré reprezentujú dvojrozmerné ploché časti dielov. [2] Táto norma poskytuje aj konvencie na reprezentovanie súvisiacich informácií ako sú stupňovacie tabuľky, zástrihy, typy čiar a iné. Neposkytuje však konvencie na reprezentovanie závislosti elementov. Je v súlade s formátom DXF. Spoločnosť Autodesk vyvinula formát DXF na prenos údajov a výmenu technických výkresov. Do súboru sa ukladá pomocou ASCII znakov bez kompresie. Je to vektorový formát s podporou 256 farieb.

Užívatelia softvéru cad.assyst po exporte technických výkresov pomocou formátu AAMA/ASTM alebo importe z rôznych konkurenčných softvérov dokážu preniesť geometriu navrhnutých dielov, ale stratia konštrukčné pravidlá pre závislosť švovej kontúry.

1.4. Stupňovanie

Stupňovanie dielov je pomerne zvýšenie alebo zníženie veľkosti dielu. Účelom stupňovania je prispôbiť celý rád typov a veľkostí ľudského tela do jedného štýlu základného dielu. Opačne je to proces premeny základnej veľkosti do ďalších veľkostí pomocou stupňovacej tabuľky, ktorá obsahuje stupňovacie pravidlá. [3]

Stupňovacie pravidlá sú založené na ergonomických meraniach tela. Rozlišuje sa medzi ručným stupňovaním a digitálnym stupňovaním za pomoci CAD systémov. [10]

Veľkostník alebo ekvivalentne aj stupňovacia tabuľka je sústava normalizovaných veľkostí všetkých odevov. Veľkostník môže byť mužský a ženský. [8]

1.5. Metrika hodnotenia presnosti kontúry

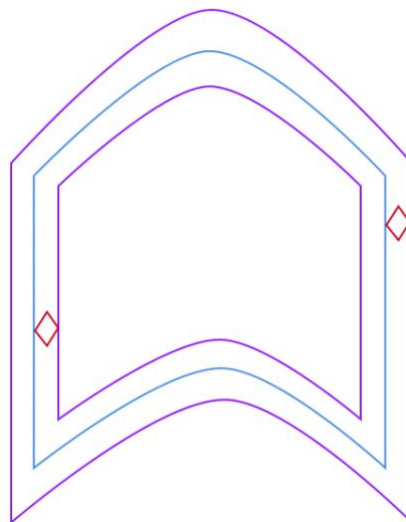
Cieľom je pomocou konštrukčných pravidiel závislého šva a hlavnej kontúry vytvoriť novú (na hlavnej kontúre závislú) švovú kontúru, čo najviac podobnú pôvodnej (na hlavnej kontúre) nezávislej švovej kontúre. Výsledok postupného aplikovania ďalších a ďalších pravidiel závislej švovej kontúry, ktorá mení svoj tvar počas celej rekonštrukcie budeme nazývať aj pracovná verzia závislej švovej kontúry. Keďže porovnanie takýchto dvoch kontúr sa nedá riešiť ekvivalenciou, riešime to podobnosťou. Pre naše potreby je to dostačujúce, lebo v odevnom priemysle je tolerancia daná „množstvom prijateľnej odchýlky od určeného merania, od ktorého je možné vystrihnúť kúsok vzoru, pridať komponenty alebo šiť švy.“ [5] Na porovnávanie podobnosti existujú rôzne metódy, ale v existujúcom algoritme sa využíva Minkowského suma.

Štandardná tolerancia v odevnom priemysle je rádovo vyššia ako v iných odvetviach, pretože súčasne technologické postupy neumožňujú rezať látku tak presne, ako iné materiály. V existujúcej rekonštrukcii sa preto zvolila tolerancia 1mm.

1.5.1. Minkowského suma

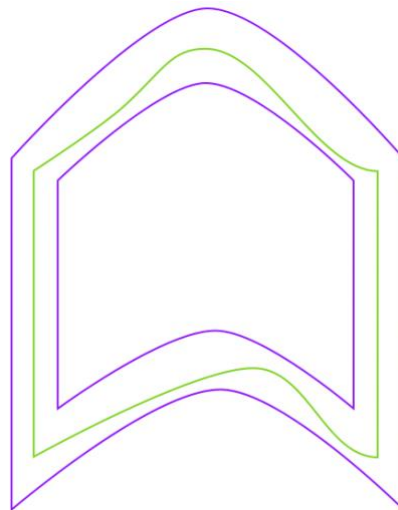
„Minkowského suma množín A a B je bodová množina $U_{b \in B} A^b$, kde A^b je množina A posunutá o vektor b, teda množina: $A^b = \{a + b | a \in A\}$. Minkowského suma množín A a B sa označuje $A \oplus B$.“ [4]

V našom prípade sa počíta Minkowského suma nad polygónmi, ktoré majú nekonvexný tvar. Na získanie plochy sa používa diamant, ktorý je vždy konvexného tvaru a preto je to ľahšia obmena tohto výpočtu.



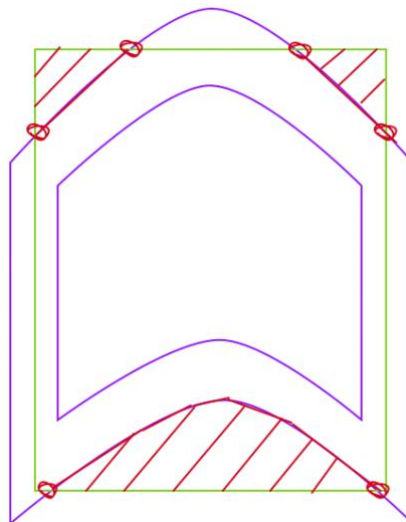
Obr. č.9 – obiehajúci diamant

Na *obrázku č.9* môžeme vidieť obiehajúci diamant, ktorý je zobrazený červenou farbou a obieha po vnútornej ploche a zároveň po vonkajšej ploche geometrickej predlohy, ktorá je zobrazená modrou farbou. Tento diamant nám vytvorí kontúry, ktoré sú zobrazené fialovou farbou a tie nám určujú plochu (nie len jej veľkosť, ale aj tvar), v ktorej keď sa nachádza pracovná verzia závislého šva, tak o nej prehlásime, že je v tolerancii.



Obr. č.10 – konštruovaný šev

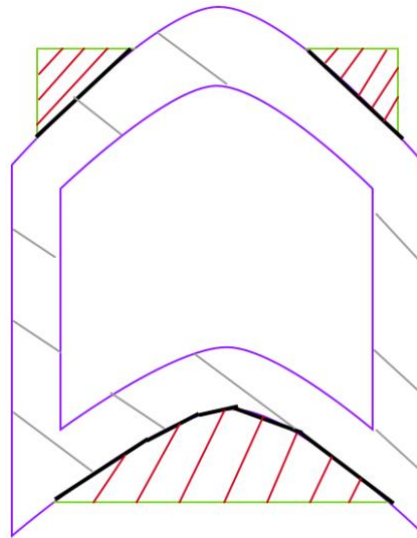
Na *obrázku č.10* je zelenou farbou zobrazený zrekonštruovaný šev, ktorý je svojou plochou v tolerancii podľa geometrickej predlohy z *obrázka č.9*.



Obr. č.11 – konštruovaný šev mimo toleranciu

Na *obrázku č.11* môžeme vidieť červenou farbou zobrazenie plochy, ktorá je mimo tolerancie podľa geometrickej predlohy. Konštruovaný šev je mimo toleranciu a miesta, na ktorých vychádza z tolerančnej plochy sú označené červenými bodmi. Tieto body nazývame ako body odchýlky a ukazujú nám kde nastáva problém.

1.5.2. Odchýlkové plochy



Obr. č.12 – odchýlkové plochy

Na *obrázku č.12* môžeme vidieť, že pracovná švová kontúra, ktorá je zobrazená zelenou farbou sa odchyľila a vychádza z tolerančnej oblasti, ktorá je zobrazená fialovou farbou. Odchýlkové plochy sú vyplnené červenou farbou a hovoria nám o tom ako by sme mali zmodifikovať šev, aby sme sa dostali k tolerancii. Ohraničenia plôch sa delia na dve časti. Prvá časť zobrazená zelenou farbou je naša pracovná švová kontúra. Druhá časť zobrazená čiernou farbou predstavuje tvar, ktorý chceme dosiahnuť.

1.6. Globálna optimalizácia

„Jednoducho povedané, optimalizácia je pokus maximalizovať požadované vlastnosti systému a súčasne minimalizovať jeho nežiadúce vlastnosti. Čo sú tieto vlastnosti a ako efektívne sa dajú vylepšiť, záleží na danom probléme.“ [6] Tento algoritmus globálnej optimalizácie rieši kategóriu nekonvexných problémov.

1.6.1. Differential evolution

Tento algoritmus potrebuje na svoje fungovanie vyhodnocovaciu funkciu, ktorá určí, či sa približujeme k cieľu alebo sa od neho vzdiaľujeme. Softvérový modul používa na vyhodnocovanie plochu oblasti, ktorá vznikla medzi dvomi Minkowského sumami (diamant obiehajúci zvnútra a zvonku kontúry, pozri *obrázok č.9*). Problém hľadania definície závislého šva je vysoko nekonvexný a preto sa v našom prípade používa práve tento algoritmus na riešenie danej problematiky.

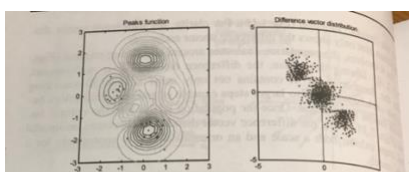


Fig. 2.9. Generation 12: The difference vector distribution contains three main clouds – one for local searches and two for moving between the two main minima.

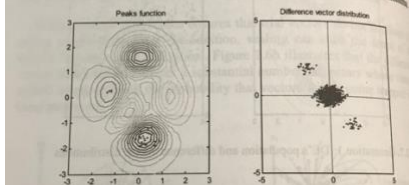


Fig. 2.10. Generation 16: The population is concentrated on the main minimum.

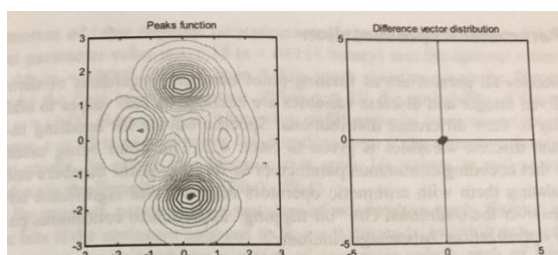
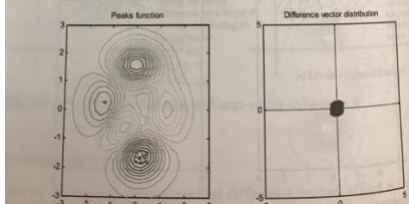


Fig. 2.12. Generation 26: The population has almost converged.

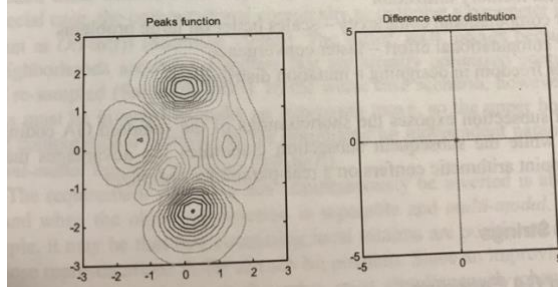


Fig. 2.13. Generation 34: DE finds the global minimum.

Obr. č.13 – diferencial evolution

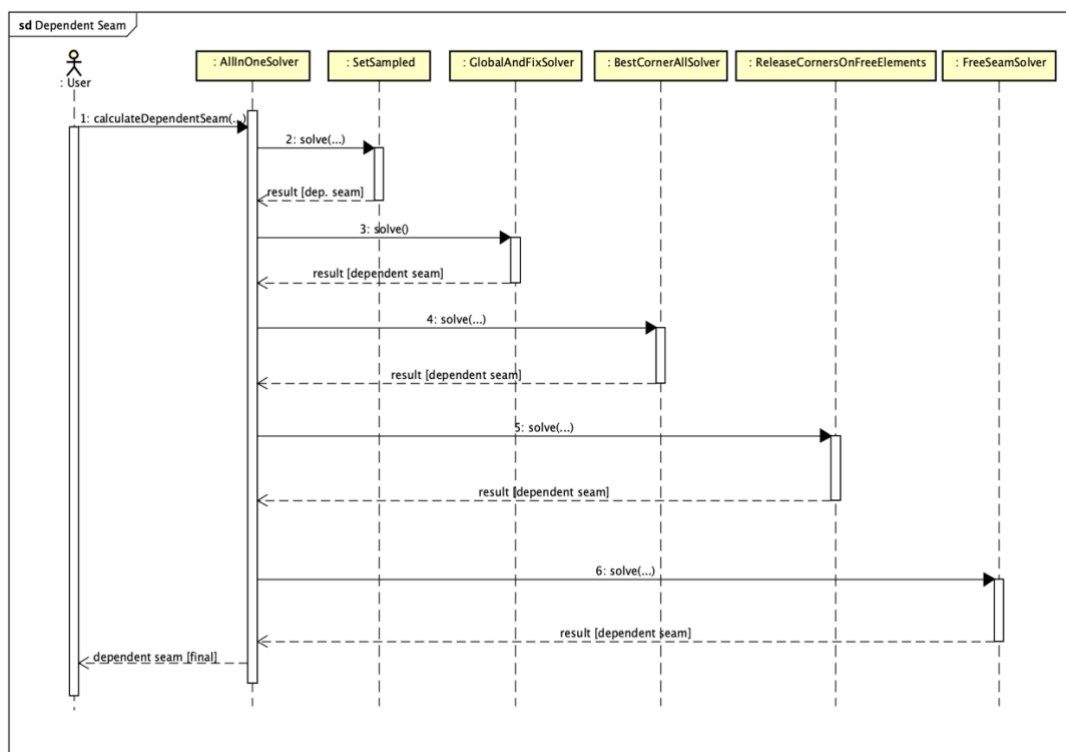
Na *obrázku č.13* ...[pride popis z knihy]

1.7. Súčasný stav rekonštrukcie

Podkapitola súčasného stavu rekonštrukcie popisuje softvérový modul sekvenčným UML diagramom a obsahuje úvodnú analýzu, ktorá vysvetľuje podrobnejšie problematiku, ktorú sa chystáme riešiť.

1.7.1. Sekvenčný diagram

“Sekvenčné diagramy modelujú interakcie medzi objektami. Rovnako ako diagramy aktivít predstavujú aj procesy, ale zameriavajú sa na výmenu správ a nie na prezentáciu všetkých možných procesných ciest.“ [9]



Obr. č.14 – sekvenčný diagram zobrazujúci vytvorenie závislého šva

Na obrázku č.14 je zobrazený scenár, kde používateľ zadá požiadavku na spočítanie závislého šva podľa danej geometrickej predlohy. Po vytvorení požiadavky na spočítanie sa zavolá algoritmus AllInOneSolver, ktorý následne v sekvencii krokov volá jednotlivé algoritmy, ktoré aplikujú konštrukčné pravidlá a tým rozširujú a upravujú pracovnú verziu závislého šva s cieľom dosiahnuť ekvivalentnú podobu ku geometrickej predlohe. Algoritmus SetSampled analyticky aplikuje paralelné a neparalelné konštrukčné pravidlo

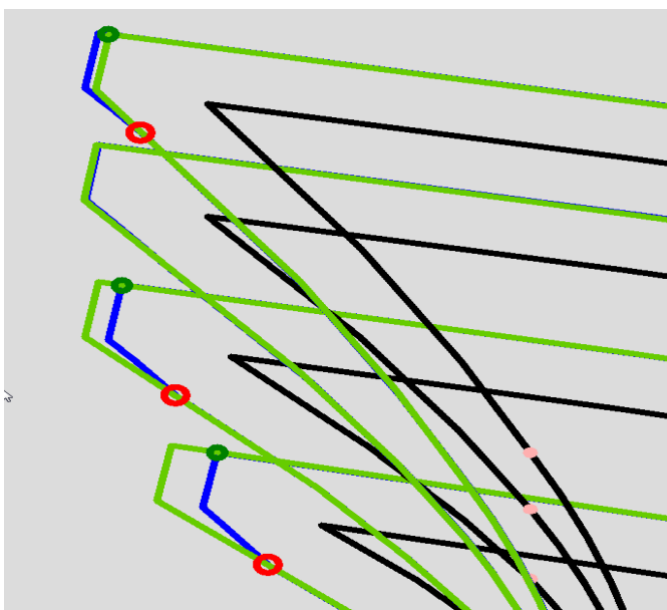
a švový schodík na elementoch. Algoritmus GlobalAndFix aplikuje paralelné konštrukčné pravidlá na elementoch a používa globálnu optimalizáciu, kde sa snaží priblížiť najmensej hodnote, ktorú dostane z hodnotiacej funkcie. Algoritmus BestCornerAllSolver analyticky aplikuje pravidlá typu zastrihnutý roh, zrkadlený roh a kolmý roh. Algoritmus ReleaseCornersOnFreeElements sa pozerá na rohové elementy, ktorým nebolo priradené žiadne konštrukčné pravidlo a pri zlepšení hodnoty sa toto pravidlo použije. Na konci sa volá FreeSeamSolver, ktorý doplní do pracovnej verzie závislého šva v miestach medzi bodmi odchýlky (nezávislý) voľný šev, ktorý vystrihne z predlohy. Sú to miesta, ktoré sa nedali vytvoriť pomocou ostatných konštrukčných pravidiel iných ako voľný šev. A zároveň vráti závislú švovú kontúru, ktorá je v tolerancii k pôvodnej predlohe.

1.7.2. Analýza problematiky



Obr. č.15 – úvodná analýza dát

Po úvodnej analýze dát sme sa dopracovali k poznatkom, že najväčšia časť problémových dát nastáva práve pri vytváraní konštrukčného pravidla voľný šev. Na obrázku č.15 vidieť, že 1/2 dát sa podarilo zrekonštruovať bez použitia konštrukčného pravidla voľný šev. Zo zvyšnej polovice sa 1/4 nepodarilo dosiahnuť v tolerancii k pôvodnej geometrickej predlohe. Túto skupinu problémov spôsobil rozdielny počet bodov odchýlky v stupňovanom diely. Súčasný modul, ktorý vyriešil zostávajúcu 1/4 dát predpokladal rovnaký počet bodov odchýlky vo všetkých stupňovaných veľkostiach.



Obr. č.16 – nerovnaký počet odchýlkových bodov

Na *obrázku č.16* je zobrazený vystupňovaný diel, ktorý obsahuje v niektorých veľkostiach body odchýlky a v iných zase tieto body chýbajú.

Literatúra

- [1] Výmena dat medzi ruznými systémy CAD, Ing. Lubomír Čevela, číslo publikácie 01, rok 2001. Dostupné na internete: https://automa.cz/cz/casopis-clanky/vymena-dat-mezi-ruzny-mi-systemy-cad-2001_01_33435_2321/ , [Citované dňa: 26.10.2019]
- [2] Standard practice for sewn products pattern data interchange-data format(withdrawn 2019), ASTM international, standard number ASTM D6673-10. Dostupné na internete: <https://www.astm.org/Standards/D6673.htm> , [Citované dňa: 09.11.2019]
- [3] Advanced pattern making techniques: pattern grading, Ruth ann reyes-loiacano, 2020 Isn'that Sew, LLC. Dostupné na internete: <http://isntthatsew.org/pattern-grading/>, [Citované dňa: 09.11.2019]
- [4] Minkowského suma, Radek Výrut, Katedra matematiky, Fakulta aplikovaných ved, Západočeská univerzita v Plzni. Dostupné na internete: <http://home.zcu.cz/~rvyrut/WWW-KMA/publications/gcg2006.pdf> , [Citované dňa: 25.01.2020]
- [5] Accuracy and quaility control, BBC the world's leading public service broadcaster , číslo publikácie 10, článok Textile-based materials, 2020 BBC. Dostupné na internete: <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/zjc3rwx/revision/10> , [Citované dňa: 25.01.2020]
- [6] Differential Evolution, Kenneth V. Price, Rainer M. Storm, Jouni A. Lampien, Springer Berlin Heidelber New York, Springer 2005
- [7] Computer aided design and manufacturing, K. Lalit Narayan, K. Mallikarjuna, Rao, M.M.M. Sarcar, Prentice Hall of India, New Delhi-110001, 2008
- [8] Odevnícke názvoslovie, Christoph J. Jurga, P. Hamžík, Š.Galusek, Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry v Bratislave, 1963
- [9] UML 2.5 Das umfassende Handbuch, Christoph Kecher, Alexander Salvanos, Ralf Hoffmann-Elbern, Rheinwerk Computing, 2017

[10] Bekleidung Schnittkonstruktion für Damenmode, Guido Hofenbitzer, Europa-Lehrmittel, 24. August 2009

[11] Cad.assyst 7, Assyst Bullmer intelligent solutions, assyst GmbH, 2000