

# COMPUTER AIDED MATERIAL ESTIMATION FOR LEATHER AND SYNTHETIC PRODUCTS, BASED ON PARTS COMPACT DRAWING METHOD

## ESTIMAREA ASISTATĂ DE CALCULATOR A NORMEI DE CONSUM PENTRU PRODUSELE DIN PIELE ȘI ÎNLOCUITORI, PE BAZA METODEI DE DESENARE COMPACTĂ A REPERELOR

Alex ANTEMIE\*, Florentina HARNAGEA

"Gh. Asachi" Technical University, 29 Dimitrie Mangeron St., Iași, Romania, email: antemiealex@yahoo.com, harnagea@tex.tuiasi.ro

### COMPUTER AIDED MATERIAL ESTIMATION FOR LEATHER AND SYNTHETIC PRODUCTS, BASED ON PARTS COMPACT DRAWING METHOD

**ABSTRACT.** Correct material consumption estimation, from the design stage of a leather or synthetic product, is an important issue, because material costs represent a significant percentage from the sale price of that product (footwear, bags, automotive, etc.). Over time, the specific theory for these products, and also the manufacture sites for leather and synthetic products, suggested different methods for material consumption estimation. This paper presents algorithmics for one material estimation method, based on compact drawing of article parts, in two variants, the bounding rectangle and the squares network. Research focusing in this direction is justified by the fact that this method has a wide application in the industry, but often the provided results do not match real values, with hard to tolerate deviations. By developing an algorithm, we aimed to control parameters specific to this method, in order to enlarge and control the estimation domain for this method.

**KEY WORDS:** computer-aided norming, leather, leather substitutes, compact drawing

### ESTIMAREA ASISTATĂ DE CALCULATOR A NORMEI DE CONSUM PENTRU PRODUSELE DIN PIELE ȘI ÎNLOCUITORI, PE BAZA METODEI DE DESENARE COMPACTĂ A REPERELOR

**REZUMAT.** Estimarea corectă a consumului de materiale, încă din faza de proiectare a unui produs, reprezintă o etapă importantă, deoarece costurile cu materia primă constituie o cotă semnificativă din prețul de vânzare al unui produs din piele sau înlocutori (încălțăminte, marochinărie, tapițerie, etc.). În timp, teoria specifică acestor produse precum și industria confețiilor din piele și înlocutori a sugerat diverse metode pentru estimarea normei de consum. Cetățe articol prezintă algoritmizarea metodei de desenare compactă a reperelor, în variantele dreptunghiului de gabarit, respectiv varianta pătrătelelor. Orientarea cercetării în acest scop este justificată de faptul că metoda prezintă o largă aplicabilitate în domeniul industrial, dar deseori rezultatele furnizate nu coincid cu valoarea reală, existând abateri greu de tolerat. Prin algoritmizare, s-a urmărit controlul parametrilor specifici acestei metode, în scopul creșterii și controlului domeniului de estimare pentru metoda în cauză.

**CUVINTE CHEIE:** normare asistată, piele, înlocutori, desenare compactă

### L'ESTIMATION DE LA NORME DE CONSOMMATION ASSISTÉE PAR ORDINATEUR POUR LES PRODUITS EN CUIR ET SUBSTITUTS DU CUIR, BASÉE SUR LA MÉTHODE DE DESSIN COMPACT DES PIÈCES

**RÉSUMÉ.** L'estimation correcte de la consommation de matériaux, depuis la phase de conception d'un produit, est une étape importante, parce que les coûts des matières premières constituent une part importante du prix de vente d'un produit en cuir ou confectionnés en utilisant des substituts du cuir (chaussures, maroquinerie, sellerie, etc.). Au fil du temps la théorie spécifique à ces produits et l'industrie des habillements en cuir ou confectionnés avec des substituts du cuir ont proposé diverses méthodes pour estimer la norme de consommation. Cet article présente une méthode algorithmique pour l'estimation de matériau, basée sur le dessin compact de pièces, en deux versions, le rectangle englobant, et respectivement le réseau de carrés. La direction de la recherche à cette fin est justifiée par le fait que la méthode a une large applicabilité dans l'industrie, mais souvent les résultats obtenus ne coïncident pas avec la valeur réelle, et il y a des écarts difficiles à tolérer. En développant un algorithme on a visé de contrôler les paramètres spécifiques à cette méthode, en vue d'accroître et de contrôler la gamme de l'estimation pour la méthode en question.

**MOTS CLÉS:** normalisation assistée par ordinateur, cuir, substituts du cuir, dessin compact

## INTRODUCTION

Currently, the methods presented below are used to estimate material consumption needed to manufacture leather and synthetic products; these methods had been developed either by academics, or by manufacturing technicians. Generally, only one particular method is used for estimation, because each

## INTRODUCERE

În prezent se folosesc metodele prezentate mai jos pentru estimarea consumului produselor din piele și înlocutori, metode dezvoltate fie de teoria de specialitate, fie de către practica industrială. Rareori pentru estimarea consumului se face apel la mai mult de o metodă de estimare, deoarece fiecare metodă

\* Correspondence to: Alex ANTEMIE, "Gh. Asachi" Technical University, 29 Dimitrie Mangeron St., Iasi, Romania, email: antemiealex@yahoo.com

method presents a certain relevance and requires specific conditions, which means that the personnel interested in norm estimation frequently uses the method that reflects best the usage for the value of the estimation; thus, academics prefer the method concept (for instance, in order to expose design particularities to students), while manufacturing technicians prefer a method that provides a correct result within a very short period of time.

### The Method Based on the Sum of All Scraps [1]

This method is based on the average value of nesting coefficients for all parts of one article, and on percentage values of common scraps from cutting:

- normal scraps  $D_n$  – scraps from cut parts of the same shape and size;
- marginal scraps  $D_m$  – scraps produced as a result of the differences between part shape and material shape;
- pattern scraps  $D_t$  – scraps from cutting parts with different shapes;
- defect scraps  $D_d$  – scraps produced as a result of the need to go around material imperfections;
- bridge scraps  $D_p$  – scraps based on the distances between cutting dices.

Of all methods, this is the most complex, because it takes into consideration design specific values, nesting coefficients, material quality index, cutting technology, material shape, etc., and that is why this method is more suitable for the academic environment.

### The Method Based on Parts Compact Drawing

All parts of one article are drawn over a piece of paper as closely as possible, to create a compact group [2]. For material estimation, there are two possibilities (Figure 1):

- bounding rectangle variant – around the compact parts group, a rectangle is drawn (patterns will be embedded in this rectangle); at the surface of this rectangle, representing the area on which parts are placed on the material, a correction percentage, around 5-10%, is added to approximate marginal and defect scraps from cutting, depending on the leather type. In this case, estimation norm (Nc) will be:

rezintă o anumită relevanță și cere anumite condiții de aplicare, ceea ce face ca personalul interesat de estimarea normei de consum să folosească prioritar o anumită metodă, în funcție de destinația finală a valorii estimate a normei de consum, sau a procesului de estimare; astfel, teoreticienii preferă metoda în sine, pentru a expune concepte din proiectare (spre exemplu, în scopul favorizării înțelegerii acestora de către studenți), iar cei din industria de confecții preferă rezultatul obținut cât mai rapid.

### Metoda de determinare a sumei tuturor deșeurilor [1]

Această metodă pleacă de la valoarea medie a coeficientului de așezare a tuturor detaliilor dintr-o pereche și de la valorile procentuale ale deșeurilor care se produc în mod curent la croire:

- deșurile normale  $D_n$  – se formează între contururile reperelor de aceeași formă și mărime;
- deșurile marginale  $D_m$  – apar datorită neconcordanței dintre conturul reperului și cel al materialului;
- deșurile între tipare  $D_t$  – se formează la combinarea reperelor de configurații diferite;
- deșurile datorate defectelor  $D_d$  – se formează ca urmare a necesității ocolirii defectelor;
- deșurile prin punți  $D_p$  – se formează datorită necesității deplasării contururilor tiparelor ca urmare a strivirii materialului sub muchia cuțitului.

Dintre toate metodele, aceasta este cea mai complexă, fiind luate în calcul valori specifice proiectării, precum indici de așezare, indici de calitate ai materialului, tehnologia de croire, forma materialului etc. și, prin urmare, aceasta este o metodă des întâlnită în mediul academic.

### Metoda desenării compacte a reperelor unei garnituri

Detaliile unei garnituri de tipare se desenează pe hârtie, astfel încât să fie cât mai apropiate [2]. Pentru estimarea normei de consum sunt sugerate două variante (Figura 1):

- varianta dreptunghiul de gabarit – în jurul tiparelor desenate se trasează un dreptunghi de gabarit (tiparele vor fi încadrate în acest dreptunghi); la suprafața dreptunghiului obținut, care reprezintă porțiunea ocupată de piese pe suprafața materialului, se adăugă 5-10 procente, pentru a acoperi pierderile datorate deșeurilor marginale sau defectelor, în funcție de natura pielii. În acest caz, norma de consum (Nc) va fi:

$$Nc = S(1+0.1) = 1.1S \quad (1)$$

- squares variant – over the compact parts groups is drawn a network of squares, with side length usually 1 dm; Nc will be equal with the area of all squares that intersect the original parts [3].

'Compact drawing method' is simpler and much faster than the 'method based on sum of all scraps'. Estimation based on the bounding rectangle was used in design departments of manufacturing plants in our country, while the one based on squares is used in the current lohn industry.

- varianta pătrățelor – peste tiparele desenate se trasează o rețea de pătrățele, cu latura de lungime 1 dm; norma de consum va fi egală cu suprafața pătrățelor care intersecțează reperele [3].

Metoda desenării compacte este o metodă mai simplă și semnificativ mai rapidă decât cea a estimării normei de consum pe baza sumei tuturor deșeurilor. Estimarea în varianta dreptunghiului de gabarit era întâlnită în atelierele de creație ale fabricilor din țara noastră, în timp ce estimarea pe baza pătrățelor este întâlnită contemporan, în industria de tip lohn.

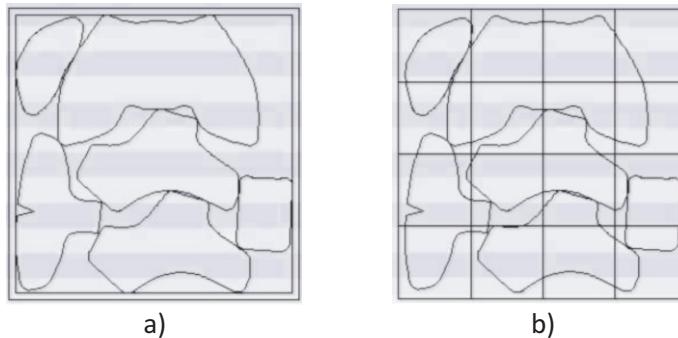


Figure 1. Illustration of material estimation possibilities for leather and synthetic products, based on parts compact drawing; a) bounding rectangle variant, b) squares network variant

Figura 1. Ilustrarea variantelor de estimare a normei de consum pentru produsele din piele și înlocuitor, pe baza metodei de desenare compactă a reperelor; a) varianta dreptunghiului de gabarit, b) varianta pătrățelor

### The Method Based on Experimental Cutting

After experimental (test) cutting, a cutting coefficient can be calculated from the surface of used material and the surface of cut parts.

For example, if leather surface is 200 dm<sup>2</sup> and parts surface is 152 dm<sup>2</sup>, the value for the cutting coefficient will be:

$$I_f = \frac{\frac{\text{Material surface}}{\text{Suprafața materialului}}}{\frac{\text{Parts surface}}{\text{Suprafața netă a reperelor}}} = \frac{200}{152} = 1.315 \quad (2)$$

Material estimation with experimental cutting involves multiplying the surface of all parts of an article ( $S_n$ ) with the cutting coefficient ( $I_f$ ); estimation norm will be:

### Metoda determinării indicelui de furda

La o croire experimentală, din suprafața materialului folosit și suprafața netă a detaliilor se poate calcula indicele sau coeficientul de furda.

De exemplu, dacă suprafața pielii folosite la croire este de 200 dm<sup>2</sup> și suprafața netă a detaliilor care se croiesc din această piele este de 152 dm<sup>2</sup>, indicele sau coeficientul de furda va fi:

Pentru calculul normei de consum prin metoda indicelui de furda se folosesc suprafața netă  $S_n$  a pieselor și indicele de furda  $I_f$  determinat experimental. Norma de consum se calculează cu relația:

$$N_c = S_n \times I_r. \quad (3)$$

This method is recommended in practice to verify estimations values suggested by theoretical methods. Estimation accuracy increases with the number of cut leathers, but it is greatly influenced by differences among batches, because leathers with different characteristics provide different results for the estimation method.

Today, design departments are not always situated near cutting departments, which causes this method to lose ground.

## METHODS

This paper presents criteria about developing an algorithm for the estimation method based on parts compact drawing. The purpose of this paper is to improve estimative values accuracy, because there have always been differences between theoretical estimations and real values, gathered from manufacturing.

The method is not so complex, but shows wide applicability in the industrial environment because the estimation process is very short (~1 minute) [4]. Because of inconsistencies between theoretical and real values, we intended to reduce this difference by changing values of parameters specific for the method. Our original contribution is developing an algorithm for this method, and its implementation inside source code, thus obtaining a computer application capable of processing estimations with custom values for all specific parameters.

In the following, we present all algorithm steps, from a general point of view, and not specific to a programming language, because the same algorithm can be successfully implemented in most programming languages currently used. Algorithm steps are presented in parallel with theoretical concepts of this method, following the natural order of the method's required steps. After developing the computer program able to perform estimations based on parts compact drawing method, we ran it with custom values for the specific parameters, to analyse how their values

Această metodă practică este recomandată pentru a verifica valorile normei de consum estimate cu ajutorul metodelor teoretice. Corectitudinea estimării crește cu numărul de piei croite, dar este drastic influențată de diferențele dintre loturile de piei, căci piei cu caracteristici diferite vor furniza valori diferite pentru norma de consum.

În prezent, departamentele de proiectare nu sunt întotdeauna în apropierea unui atelier de croit, ceea ce face ca această metodă să piardă din teren.

## METODE

Această lucrare prezintă criterii ale algoritmizării metodei de estimare a normei de consum pe baza desenării compacte a reperelor. Scopul lucrării prezente este de a estima cât mai corect consumul de materiale, știut fiind faptul că întotdeauna au existat diferențe între valorile estimate ale normei de consum și cele reale, întâlnite în producție.

Metoda în sine nu este una complexă, dar prezintă aplicabilitate pe scară largă în mediul industrial, deoarece durata procesului de estimare este foarte scurtă (~1 minut) [4]. Datorită neconcordanțelor dintre valoarea estimată și valoarea reală a normei de consum, s-a urmărit cum se poate reduce abaterea dintre cele două valori, intervenind asupra parametrilor specifici procesului de estimare. Ca o contribuție originală, se enumera construirea unui algoritm destinat implementării acestei metode în cadrul aplicațiilor software și obținerea unui program de calculator care permite modificarea valorilor parametrilor de control ai acestei metode.

În cele ce urmează, se vor prezenta pașii algoritmului aferenți metodei, într-o manieră generală, și nu specifică unui limbaj de programare, deoarece același algoritm poate fi implementat cu succes în majoritatea limbajelor de programare existente. Pașii algoritmului sunt prezentati în paralel cu conceptele teoretice ale metodei, urmărindu-se astfel ordinea firească de aplicare a etapelor de calcul. Ulterior, după realizarea aplicației capabile să estimeze norma de consum cu ajutorul metodei de desenare compactă a reperelor, am realizat estimări cu seturi de parametri diferenți, pentru a observa cum variază rezultatul final în

are reflected into the final result. Finally, we state our conclusions and we propose directions for future research.

## EXPERIMENTAL

### Algorithmics for the Estimation Method

The specific algorithm for estimating material consumption by the method of compact parts drawing must achieve the following requirements:

- drawing a compact group of items;
- determining the group bounding rectangle – for the bounding rectangle variant;
- drawing a rectangle with proportional area to the bounding rectangle area, corresponding to the correction percentage – for the squares network variant;
- drawing a network of squares over the parts compact drawing;
- counting squares from the network, in order to find the material consumption.

### Drawing a Compact Group of Items

Considering a group with  $n$  parts, and a necessary  $xi$  for each item separately, in the first stage, the proportionality coefficient  $K$  is determined.

Considering 5 parts (vamp, quarter, counter, tongue and toe-cap) and amounts (2,4,2,2,2) for each part/item separately (the amount represents the number of parts required for the final product), the coefficient of proportionality  $K$  aims at reducing the number of items to be drawn by dividing the parts necessary to its "the greatest common divisor".

The reduced necessary will be (1,2,1,1,1) and the coefficient of proportionality  $K = 2$ . Generally, for footwear  $K = 2$ , because the final product is a pair of shoes, not a single shoe. Thus, the number of items is reduced by half, i.e., from 12 parts to 6. Such a reduction provides a required processing time in inverse ratio to the  $K$  value. In this case, processing time was reduced to half ( $1/K = 0.5$ ).

Finding the final drawing layout is based on trying several variations, and retaining the most compact. Quantifying the degree of compactness of a washer is

funcție de valorile specifice metodei. La final, sunt prezentate concluziile și sunt propuse noi direcții de cercetare.

## PARTEA EXPERIMENTALĂ

### Algoritmizarea metodei de estimare

Algoritmul specific metodei de estimare a consumului prin desenarea reperelor trebuie să realizeze toți pașii aferenți acestei metode, adică următoarele cerințe:

- desenarea compactă a unui grup de repere;
- determinarea dreptunghiului de gabarit aferent grupului desenat - pentru varianta dreptunghiului de gabarit;
- desenarea unui dreptunghi de arie proporțională cu cea a dreptunghiului de gabarit, conform procentajului deadaos - pentru varianta pătrățelelor;
- trasarea unei rețele de pătrățele suprapuse peste reperele desenate;
- numărarea pătrățelelor valide în vederea estimării normei de consum.

### Desenarea compactă a unui grup de repere

Considerând o garnitură cu  $n$  repere și un necesar de  $xi$  pentru fiecare reper în parte, în prima etapă se stabilește coeficientul de proporționalitate  $K$ .

Fie reperele (căpută, carâmb, ștaif, limbă, vârf) și necesarul de (2,4,2,2,2) pentru fiecare reper în parte. Suma reperelor necesare reprezintă numărul de repere al setului. Stabilirea coeficientului de proporționalitate  $K$  urmărește reducerea numărului de repere ce urmează a fi desenate, prin divizarea necesarului de repere la "cel mai mare divizor comun" al acestuia.

Setul redus va fi (1,2,1,1,1) și coeficientul de proporționalitate  $K=2$ . În general, pentru articole de încălțăminte  $K=2$ , produsul final fiind perechea de încălțăminte, și nu un pantof. Astfel, numărul de repere ce urmează a fi desenate s-a redus la jumătate, adică, de la 12 repere la 6. O astfel de reducere asigură un timp de procesare invers proporțional față de cel necesar cu valoarea  $K$ . În acest caz, durata de procesare s-a redus la jumătate ( $1/K = 0.5$ ).

Stabilirea variantei de desenare finală are la bază încercarea mai multor variante și reținerea celei mai compacte. Cuantificarea gradului de compactitate al

done by calculating the overall area of the rectangle, so from the number of variants tested, the variant with the smallest overall area of the rectangle will be retained. Variants tested are individualized by the order in which parts are selected.

Generating alternative layouts is based on combinatorics: considering a set of parts ( $1 \dots n$ ), different variants ( $v_i$ ) result by permutations of this set. Thus, for  $n$  items, the number of variants tested is at most  $n!$ . If processing takes too long, other variants can be stopped, respecting an initially imposed number of attempts, or imposing a maximum duration for processing [5].

For a certain variant, parts compact drawing is a two step process:

- drawing the first part, possibly centred in the origin of the reference system; absolute position does not affect consumption norm, but the relative position between parts;

- drawing the rest of the parts, looking to find for each item a compact position to those already drawn.

Searching for a position is achieved by a process of orbiting [6] around the group of drawn items (Figure 2).

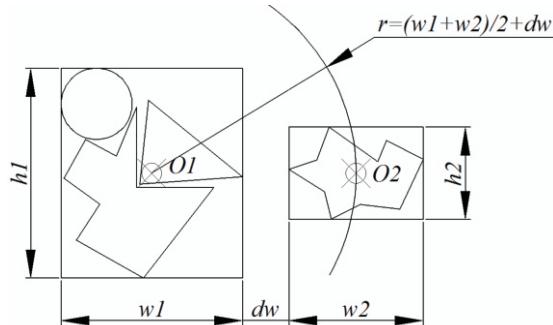


Figure 2. Illustration of orbit processing parameters  
Figura 2. Ilustrarea parametrilor proceadeului de orbitare

Orbital approach means that the item revolves around already drawn ones. Considering bounding dimensions  $h_i$ ,  $w_i$  for parts already drawn, and for the part to be added, the trajectory orbit radius will be equal to the distance between the centres of these two rectangles, initially aligned horizontally, plus a safe distance  $dw$ , used to avoid premature intersection (Figure 3).

unei garnituri se realizează prin calculul ariei dreptunghiului de gabarit; astfel, din multimea de variante încercate, se va reține cea cu aria dreptunghiului de gabarit cea mai mică. Prin variantă de desenare se face referire la ordinea în care reperele sunt selectate.

Generarea variantelor are la bază combinatorica: considerând un set de repere ( $1 \dots n$ ), variantele  $v_i$  se generează permutând acest set de repere. Astfel, pentru  $n$  repere, numărul de variante încercate este de cel mult  $n!$ . În cazul duratelor de procesare prea mari, se poate opri încercarea altor variante, respectând un număr de încercări inițial impus, sau o durată maximă de procesare impusă [5].

Pentru o anumită variantă, desenarea reperelor este un procedeu în 2 pași:

- desenarea primului reper, eventual centrat în originea sistemului de referință; poziția absolută nu influențează norma de consum, ci poziția relativă dintre repere;

- desenarea restului de repere, căutând pentru fiecare reper o poziție cât mai compactă față de cele deja desenate.

Căutarea unei poziții se realizează printr-un procedeu de orbitare [6] a reperului în jurul grupului de repere desenat (Figura 2).

Prin orbitare, reperul de adăugat gravitează în jurul grupului de repere deja desenat. Considerând dimensiunile de gabarit  $h_i$ ,  $w_i$  pentru reperele desenate, respectiv reperul de adăugat, raza cercului considerat traiectorie de orbitare va fi egală cu distanța dintre centrele celor două dreptunghiuri, inițial aliniate pe orizontală, plus o distanță de siguranță  $dw$ , necesară ocolirii cazului de intersecție prematură (Figura 3).

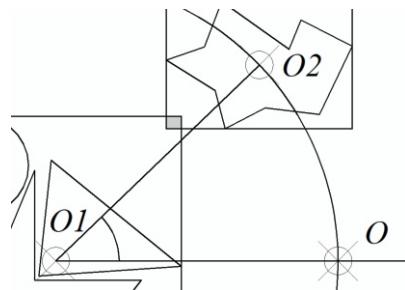


Figure 3. Illustration of premature intersection case (adverse event)  
Figura 3. Ilustrarea cazului de intersectare prematură (caz nefavorabil)

Premature intersection appears when those two bounding rectangles intersect, while the item orbits on the circular trajectory. To avoid this case, the orbit radius is increased with a value dependent on the diagonals of the two rectangles. As the diagonal  $di$  is  $di^2 = (wi^2 + hi^2)$ ,  $dw$  will be  $(d_1 + d_2)/2 * c$ , where  $c$  is a safety coefficient,  $c=1.05 \dots 1.20$ . Orbital movement accuracy is correlated to the centre angle  $\angle (OO_1O_2)$  increment. As the increment value will be lower, the accuracy will be higher. Regardless of the increment value, the orbit must be subject to a full runway ( $0^\circ, 360^\circ$ ).

For each position on the path, a position closer to the parts already drawn is determined based on an algorithm that performs a polar approach (respecting radius direction) until there is an intersection between orbiting part (the new item) and the already drawn ones.

Comparison of two different positions (Figure 4) in order to determine the best one is based on determination of the tangential length between the parts already drawn and the one to be added. The higher the tangential length, the higher the perimeter contact created by the new part, so it fits into the most compact group of drawn items.

Intersectarea prematură constă în intersectarea celor două dreptunghiurilor de gabarit în momentul gravitației reperului desenat pe orbită. Ocolirea acestui caz se poate realiza prin suplimentarea razei orbitei cu distanța  $dw$ , calculată în funcție de diagonalele  $di$  ale celor două dreptunghiuri. Cum  $di^2 = (wi^2 + hi^2)$ ,  $dw$  va fi egal cu  $(d_1 + d_2)/2 * c$ , unde  $c$  este un coeficient de siguranță,  $c=1.05 \dots 1.20$ . Precizia orbitării este dată de precizia incrementului unghiului la centru  $\angle (OO_1O_2)$ . Cu cât valoarea incrementului va fi mai mică, cu atât precizia metodei va fi mai mare. Indiferent de valoarea incrementului, orbita se parurge pe o deschidere de  $0^\circ, 360^\circ$ .

Pentru fiecare poziție de pe traiectorie a reperului care orbitează, se determină o poziție cât mai aproape de reperele deja desenate, printr-un algoritm care realizează o apropiere polară (de-a lungul razei) a reperului, până când, la limită, există intersecție cu grupul de repere desenat.

Compararea a două poziții distincte (Figura 4) în scopul stabilirii celei mai bune are la bază determinarea lungimii de tangență dintre reperul de desenat și grupul de repere existent. Cu cât lungimea de tangență este mai mare, cu atât reperul realizează un contact perimetral mai ridicat, adică se integrează mai compact în grupul de repere desenat.

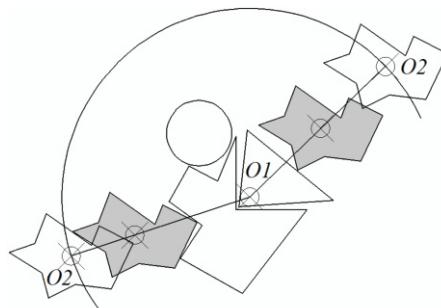


Figure 4. Different drawing positions, depending on parts position over the path  
Figura 4. Variante de desenare diferită, în funcție de poziția reperului pe traiectorie

In order to obtain more compact layouts, it is possible to try polygonal trajectories (Figure 5), with the observation that the direction of the beam is perpendicular to the trajectory (beam direction coincides with the apothem direction); for circular trajectory, it follows the same principle, only that here, this direction coincides with the direction of radius, in which case it is no longer necessary to calculate the normal direction for the distance travelled over the trajectory.

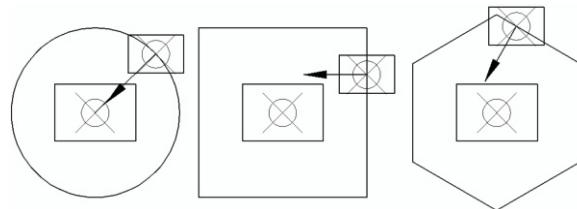


Figure 5. Alternative orbital trajectories  
Figura 5. Traiectorii alternative de orbitare

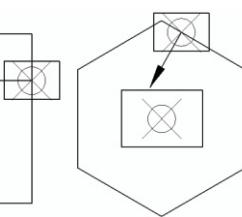
When building these alternative paths, as the outlines of regular polygons, attention should be paid in order to avoid the unfavourable case of premature intersection. One solution is that the polygon be circumscribed to the initial circular trajectory (polygon apothem coincides with the radius value).

#### Determination of the Group Bounding Rectangle

Overall group bounding rectangle is determined after drawing the last part; during the orbital movement of parts, the bounding rectangle shows intermediate values, when it is taken in the calculation of additional distance  $dw$ . Thus, the latter calculated value of this rectangle is the desired one.

For example, considering (*MNPQ*) the bounding rectangle for the last drawn part, and (*ABCD*) the bounding rectangle for the already drawn parts, the coordinates of the final bounding rectangle (*TUVZ*) are determined based on the aforementioned two rectangles, so that it includes them (Figure 6).

Pentru obținerea unor așezări mai compacte, se pot încerca traiectorii poligonale (Figura 5), cu observația că direcția polară de apropiere este perpendiculară pe traiectorie la poziția locală (direcția polară coincide cu direcția apotemei); în cazul traiectoriei circulare, se respectă același principiu, cu precizarea că aici direcția polară coincide cu direcția razei, adică nu mai este necesar calculul direcțiilor normale specifice distanței parcuse pe traiectorie.



Construirea acestor traiectorii alternative, contururi ale unor poligoane regulate, trebuie să prevadă ocolirea cazului nefavorabil de intersectare prematură. Una din soluții este ca aceste poligoane să fie circumscrise traiectoriei circulare initiale (apotema poligonului coincide ca valoare cu raza cercului).

#### Determinarea dreptunghiului de gabarit aferent grupului desenat

Dreptunghiul de gabarit aferent grupului se determină după desenarea ultimului reper; acest dreptunghi de gabarit prezintă valori intermediare, când este luat în calculul distanței suplimentare  $dw$ . Astfel, ultima valoare calculată a acestui dreptunghi reprezintă valoarea căutată.

Spre exemplu, considerând (*MNPQ*) dreptunghiul de gabarit aferent ultimului reper desenat, și (*ABCD*) conturul de gabarit al reperelor deja desenate, dreptunghiul final de gabarit (*TUVZ*) se determină pe baza coordonatelor celor două dreptunghiuri precizate anterior, astfel încât să le cuprindă (Figura 6).

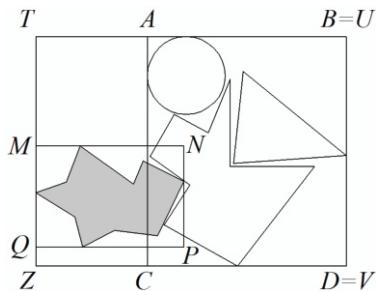


Figure 6. Finding the bounding rectangle  
Figura 6. Determinarea dreptunghiului de gabarit

### Drawing a Rectangle with Proportional Area to the Bounding Rectangle Area, Corresponding to the Correction Percentage

Considering the bounding rectangle of area  $S_1$ , and the correction percentage  $p$ , the area for the rectangle corresponding to the material estimation will be:

$$S_2 = S_1(1+p) \quad (4)$$

Although its area was determined, it is aesthetically required to draw this rectangle at a constant distance  $x$  from the bounding rectangle, feature similar to using the *offset* function (Figure 7).

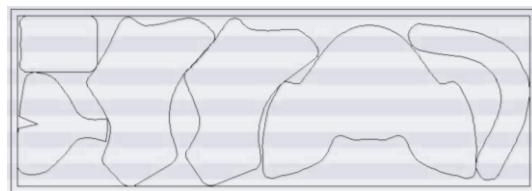


Figure 7. The two rectangles show proportional area and constant distance between sides  
Figura 7. Cele două dreptunghiuri prezintă aria proporțională și distanță constantă între laturi

Thus, the value  $x$  needs to be determined based on  $S_1$  and  $p$ . Considering  $S_1 = ab$ , and

$$S_2 = (a+x)(b+x) = S_1(1+p) \quad (5)$$

by the substitution of terms known, we obtain the equation in  $x$ :

$$x^2 + x(a+b) + ab = ab(1+p) \quad (6)$$

Astfel, apare situația determinării valorii  $x$  în funcție de  $S_1$  și  $p$ . Considerând  $S_1 = ab$ , și

prin substituția termenilor cunoscuți, se obține ecuația în  $x$ :

This is an equation of degree 2 with coefficients  $(1, a+b, -abp)$ , where  $p$  – correction percentage;  $a, b$  – side dimensions for the bounding rectangle determined previously.

In this case, equation solving will provide a positive and a negative value, or, by exception, it can be a perfect square. In both cases,  $x$  will be associated with the highest value.

### Drawing a Network of Squares over the Parts Compact Group

Considering square side dimension  $dl$ , the number of squares horizontally  $po$ , and vertically  $pv$  respectively, the number of squares is calculated based on the width  $a$  and height  $b$  of bounding rectangle. Thus:  $po = [a/dl]$ ,  $pv = [b/dl]$ , where  $[x]$  is the whole number of  $x$ . If the  $a/dl$  and  $b/dl$  ratios are not integer values,  $po$  and/or  $pv$  will be supplemented by one unit.

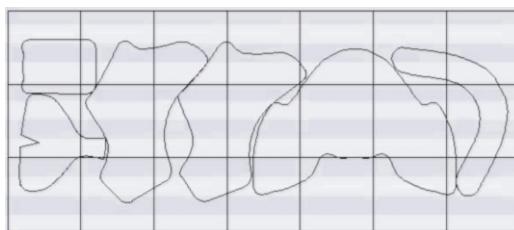


Figure 8. Illustration of squares grid  
Figura 8. Ilustrarea rețelei de pătrățele

Generalizing, the number of squares corresponding to an axis will be:

$$p=[r]+[\{r+\varepsilon\}] \quad (7)$$

where  $[\{r+\varepsilon\}]$  is the whole of the fractional part, supplemented with  $\varepsilon \rightarrow 0$ . This equation works properly for values of  $\varepsilon$  correlated with computer accuracy ( $\varepsilon = 1E-10$ , for example). Thus, the network will include  $(po \times pv)$  squares, of imposed side size  $dl$ .

Between network size  $(po \times dl) \times (pv \times dl)$  and overall dimensions of the bounding rectangle  $a \times b$  there can be differences corresponding to the x-axis, or y-axis:  $dx, dy$  respectively. Depending on drawn grid positioning over compact parts group, these differences can be distributed evenly or unevenly (Figure 9).

Aceasta reprezintă o ecuație de gradul 2, cu coeficienții  $(1, a+b, -abp)$ , în care  $p$  - procentajul de adaos,  $a, b$  - dimensiunile laturilor dreptunghiului de gabarit determinat la punctul anterior.

În acest caz, ecuația va furniza o soluție pozitivă și una negativă sau, prin excepție, poate fi un pătrat perfect. În ambele cazuri, se va reține pentru  $x$  valoarea cea mai mare.

### Trasarea unei rețele de pătrățele suprapuse peste reperele desenate

Considerând dimensiunea laturii unui pătrățel  $dl$ , numărul de pătrățele pe orizontală  $po$ , respectiv verticală  $pv$  se calculează în funcție de lățimea  $a$ , respectiv înălțimea dreptunghiului de gabarit  $b$ . Astfel:  $po=[a/dl]$ ,  $pv=[b/dl]$ , unde  $[x]$  reprezintă partea întreagă a numărului  $x$ . În cazul în care rapoartele  $a/dl$ , respectiv  $b/dl$  nu reprezintă numere întregi, valorile  $po$  și/sau  $pv$  se vor suplimenta cu o unitate.

Generalizând, numărul de pătrățele corespunzător unei axe va fi:

unde  $[\{r + \varepsilon\}]$  reprezintă partea întreagă din partea fracționară suplimentată cu  $\varepsilon \rightarrow 0$ . Această ecuație funcționează corespunzător pentru valori ale lui  $\varepsilon$  corelate cu precizia de lucru a calculatorului ( $\varepsilon=1E-10$ , spre exemplu). Astfel, rețeaua va cuprinde  $(po \times pv)$  pătrățele, de latură impusă  $dl$ .

Între dimensiunile rețelei  $(po \times dl) \times (pv \times dl)$  și dimensiunile dreptunghiului de gabarit  $a \times b$  pot exista diferențe după axă x, sau y:  $dx$ , respectiv  $dy$ . În funcție de poziționarea rețelei peste grupul de repere desenat, aceste diferențe se pot distribui uniform sau inegal (Figura 9).

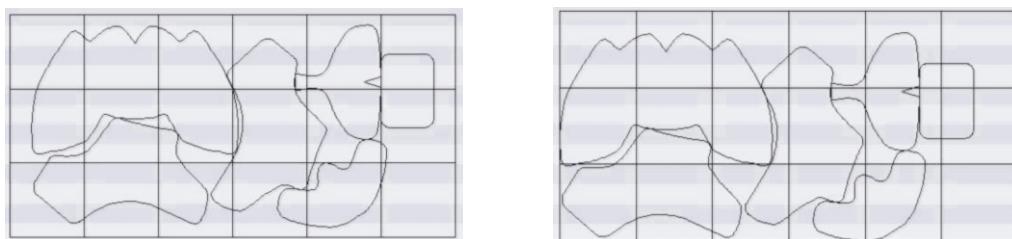


Figure 9. Illustration of squares grid for different insertion points;  
 left – network is centred over the bounding rectangle;  
 right – overlapping with the bounding rectangle in the lower left corner  
 Figura 9. Ilustrarea rețelei de pătrățele pentru diferite puncte de inserție;  
 stânga – centrarea peste dreptunghiul de gabarit;  
 dreapta – suprapunerea cu dreptunghiul de gabarit în colțul stânga jos

### Counting Squares from the Network, in Order to Find the Material Consumption

Counting valid squares from the original network is done in order to estimate the value of consumption norm. If the initial network contains  $P = (po \times pv)$  squares, after counting, up to  $P$  squares will remain, some of which are deleted as they do not meet counting conditions. Considering the number of final squares  $Pf \leq P$ , the estimated consumption norm is:

### Numărarea pătrățelelor valide în vederea estimării normei de consum

Numărarea pătrățelelor valide din cadrul rețelei originale se realizează în scopul estimării valorii normei de consum. Dacă inițial rețeaua conținea  $P = (po \times pv)$  pătrățele, după numărare, vor rămâne cel mult  $P$  pătrățele, o parte din acestea fiind eliminate, deoarece nu se supun condiției de numărare. Considerând numărul de pătrățele final  $Pf \leq P$ , valoarea estimată a normei de consum este:

$$Nc = Pf \times dI^2 \quad (8)$$

where  $dI^2$  is the area of a square.

unde  $dI^2$  reprezintă suprafața unui pătrățel.

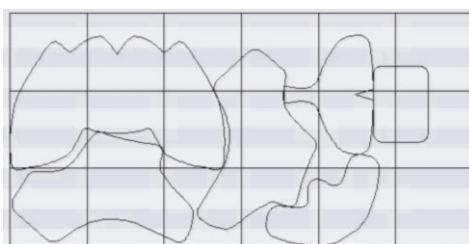


Figure 10. Illustration of squares network before and after consumption norm estimation  
 Figura 10. Ilustrarea rețelei de pătrățele înainte și după estimarea normei de consum

The condition of square validation (counting) is that it must intersect at least one part from the group, or be placed inside it (Figure 10). Sometimes the intersected surface of a square does not coincide with its own area, in which case only a certain percentage of the area is occupied by parts intersection. In this case it

Condiția validării (numărării) unui pătrățel este ca acesta să intersecteze sau să se găsească în interiorul oricărui reper desenat (Figura 10). Uneori, suprafața intersectată a unui pătrățel nu coincide cu aria sa, caz în care doar un anumit procentaj din aria pătrățelului este ocupată. În acest caz, se recomandă validarea

is recommended to count only those squares whose intersected area is above a limit value, for instance, 10% of their own area.

### Implementing the Algorithm Inside a Computer Application

The algorithm developed for material estimation, using compact parts drawing method, was implemented into source code, thus resulting in a computer application for estimation processes. Through the objects from computer interface, the operator can input values for specific parameters:

- for bounding rectangle variant [7]:

- correction percentage  $p$  [%]; this value can vary in the range of 5...20[%];

- for squares variant:

- square side size  $d$  [dm]; preset values for  $d$  are (1.00, 0.75, 0.66, 0.50, 0.33, 0.25, 0.20) [dm], or corresponding fractional values (1, 3/4, 2/3, 1/2, 1/3, 1/4, 1/5) [dm].

- the inferior limit for the percentage of a square intersection area with drawn parts; this value can vary in the range of 0...100[%].

Also, the estimation process can run with custom values for these parameters, but it is important to use common values, specific to the nature of the process. Thus, the possibility of theoretical estimations is reduced to conclusive values.

In order to make an estimation using our software, these next steps are required:

1) selecting a group of parts (e.g. footwear parts) and calling the estimation routine – the software automatically identifies individual parts, so there is no need to predefine them. For each part, the software verifies whether it is symmetric, and calculates the afferent area and perimeter, using a conversion scale from pixels to millimetres. Parts identified as being symmetric are rotated to a position which favours the estimation process;

2) setting required quantity for each part – the operator can input these values through specific objects from the interface;

3) displaying characteristics for selected parts – values presented in steps 1) and 2) are automatically tabled inside lists, as shown in Figure 11. For area and

(numărarea) pătrățelor a căror arie ocupată depășește un anumit procentaj din aria totală; de exemplu 10%.

### Implementarea algoritmului în cadrul unei aplicații de calculator

Algoritmul destinat estimării normei de consum pe baza metodei de desenare compactă a reperelor a fost implementat, cu ajutorul programării, în cadrul unei aplicații software, obținându-se în acest mod posibilitatea estimării asistate de calculator. Prin intermediul obiectelor de pe interfața programului, se solicită operatorului următoarele valori, specifice procesului de estimare:

- pentru varianta dreptunghiului de gabarit [7]:
  - valoarea procentajului de adaos  $p$  [%]; această valoare se poate varia în intervalul 5...20[%];
- pentru varianta pătrățelor:
  - dimensiunea laturii unui pătrățel  $d$  [dm]; valorile predefinite pentru  $d$  sunt (1.00, 0.75, 0.66, 0.50, 0.33, 0.25, 0.20) [dm], sau corespunzător valorilor fractionale (1, 3/4, 2/3, 1/2, 1/3, 1/4, 1/5) [dm].

- limita inferioară a procentajului ariei ocupate a unui pătrățel de intersecții cu reperele desenate [%]; această valoare se poate varia în intervalul 0...100[%].

Bineînțeles, procesul de estimare se poate realiza și cu valori particulare pentru acești parametri, dar este important să se folosească valori uzuale, specifice estimării de acest gen. Astfel, posibilitatea estimărilor teoretice se restrâng la multimea estimărilor concludente.

Pentru a realiza o estimare, cu ajutorul programului nostru, se parcurg următoarele etape:

1) selectarea unui grup de repere și apelarea funcției de estimare – programul identifică automat reperele individuale, nefiind necesară operația de predefinire a acestora; ulterior, pentru fiecare reper în parte, programul verifică dacă acesta prezintă simetrie sau nu și calculează automat aria și perimetrul, pe baza unei scări de echivalență pixeli-milimetri. Reperele identificate ca fiind simetrice sunt rotite automat într-o poziție care favorizează algoritmul de estimare;

2) stabilirea necesarului pentru fiecare reper – operatorul poate introduce valori prin intermediul obiectelor de pe interfața de lucru;

3) afișarea caracteristicilor setului de repere – valorile prezentate în cadrul etapelor 1) și 2) sunt tabelate automat în cadrul unor liste, prezentate în

perimeter, there are two values; the first characterizes the part, while the second, the product (article), their division being equal to the quantity required for each part inside the product.

[ items ] [ · ]	[ sym. ] [ - ]	[ qnt. ] [ · ]	[ Parts Area ] [ dm² ]	[ Parts Perimeter ] [ dm ]
1	sim_oy	2	1.820 / 3.639	6.263 / 12.526
2	none	4	1.098 / 4.393	4.644 / 18.577
3	sim_oy	2	0.538 / 1.076	4.515 / 9.031
4	sim_oy	2	0.464 / 0.927	3.309 / 6.619
<b>5</b>	<b>sim oy</b>	<b>2</b>	<b>0.380 / 0.760</b>	<b>2.394 / 4.788</b>
		12	10.795	51.541

Figure 11. Lists used to display information about selected parts

Figura 11. Liste prin intermediul cărora se afișează informații despre reperele setului

Thus, 5 parts have been identified, of which one is not symmetric. The set contains a total of 12 parts, with a total area of 10.8 [dm<sup>2</sup>] and a perimeter of 51.5 [dm].

4) setting process values – through objects from computer interface, the operator can set values for the correction percentage  $p$ , square side size  $dl$  and the limit acceptance value for one square intersected area;

5) estimation process – from all values presented in steps 1-4, considered input data, the software estimates consumption norm; first a compact drawing group is computed, which is then interpreted in the bounding rectangle variant and in the square variant [8]. The results from the estimation process, considered output data, are presented as text and image.

Notations used have the following meaning:

- $Nc_d$ ,  $Nc_p$  – the values for both estimation variants;
- multiplication factor – mathematically, this is the "greatest common divisor" for all required quantities for each part; e.g., for a footwear article, estimation is made for one shoe, and this factor value will be 2;
- correction percentage – is the value that corrects bounding rectangle area for parts compact group;
- initial surface and final surface – represent the numerical value for bounding rectangle area, and for

Figura 11. Pentru perimetru, cât și pentru arie, sunt furnizate două valori; prima caracterizează reperul, iar a doua produsul, raportul celor două valori fiind egal cu numărul de repere similare în cadrul produsului.

Astfel, au fost identificate 5 repere, dintre care unul nu prezintă simetrie. Setul conține un total de 12 repere, cu aria totală de 10.8 [dm<sup>2</sup>] și perimetrul de 51.5 [dm].

4) stabilirea valorilor de proces – prin intermediul obiectelor de pe interfața programului, operatorul poate selecta valori pentru procentajului de adăos  $p$ , dimensiunea laturii unui pătrățel  $dl$ , și pentru valoarea prag, considerată limita inferioară a procentajului ariei ocupate.

5) estimarea propriu-zisă – pe baza tuturor valorilor prezentate la punctele 1-4, considerate date de intrare, programul estimează norma de consum, realizând inițial o aşezare cât mai compactă pentru reperele selectate, pe care o interpretează ulterior în varianta dreptunghiului de gabarit și a pătrățelelor [8]. Rezultatele procesului de estimare, considerate date de ieșire, sunt prezentate sub formă de text și imagine.

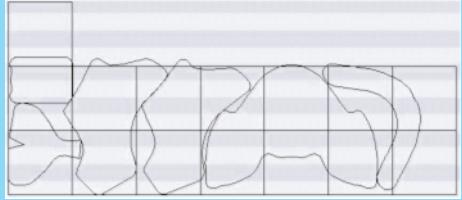
Notățiile folosite au următoarea semnificație:

- $Nc_d$ ,  $Nc_p$  – valoarea normei de consum, pentru cele două variante de estimare;
- coeficientul de multiplicare – matematic, reprezintă c.m.m.d.c. al multimi necesarului din fiecare reper în cadrul produsului. Este folosit pentru a reduce durata de estimare; spre exemplu, în cazul unei perechi de pantofi, estimarea se realizează doar pentru un picior, iar valoarea coeficientului este 2;
- procentajul de corecție – reprezintă valoarea cu care se corectează suprafața dreptunghiului de gabarit aferent grupului de repere;
- suprafața inițială și suprafața finală – reprezintă valoarea numerică a ariei dreptunghiului de

the one that reflects consumption norm; difference in area of these rectangles is reflected by the correction percentage;

- side size and square surface – characterise the dimensions for a square or for the network mesh, specific to this variant;
- number of squares – is the total of counted squares, after validation process;
- square validation – represents square counting condition; in this case, counting had been done for a limit value of 10%.

Table 1: Output data for the estimation process based on compact parts drawing  
Tabelul 1: Date de ieșire ale estimării normei de consum, pe baza metodei de desenare compactă a reperelor

A) bounding rectangle variant A) varianta dreptunghiului de gabarit	
$Nc_d = 17.05 \text{ [dm}^2\text{/per]}$	
multiplication factor: 2 <i>coeficient de multiplicare: 2</i> details $Nc_d$   bounding rectangle estimation <i>detalii <math>Nc_d</math>   estimare suprafață dreptunghi</i> - correction percentage: 10 [%] - procentaj corecție: 10 [%] - initial surface: 7.75 [dm <sup>2</sup> ] - suprafață inițială: 7.75 [dm <sup>2</sup> ] - final surface: 8.53 [dm <sup>2</sup> ] - suprafață finală: 8.53 [dm <sup>2</sup> ]	
B) squares network variant B) varianta pătrățelor	
$Nc_p = 16.88 \text{ [dm}^2\text{/per]}$	
multiplication factor: 2 <i>coeficient de multiplicare: 2</i> details $Nc_p$   squares network estimation <i>detalii <math>Nc_p</math>   estimare suprafață pătrățele</i> - side size: 0.75 [dm] - dimensiune latură: 0.75 [dm] - square surface: 0.56 [dm <sup>2</sup> ] - suprafață pătrățel: 0.56 [dm <sup>2</sup> ] - number of squares: 15 - număr pătrățele: 15 - square validation: intersected surface >= 10 [%] - validare pătrățel: suprafață intersecțată >= 10 [%]	

Images are generated by a graphic component, capable to manage actions specific to vectorial graphics. Images presented in this paper had been exported from the program by this component.

gabarit, și a celui de estimare a consumului; diferența de arie dintre aceste dreptunghiuri este reflectată de către procentajul de corecție;

- dimensiunea laturii și suprafața pătrățelului – caracterizează mărimea unui pătrățel, sau ochiul rețelei folosite, specifică acestei variante;
- număr pătrățele – reprezintă totalul de pătrățele considerate valide, în urma procesului de numărare;
- validare pătrățel – reprezintă condiția de numărare a unui pătrățel; în acest caz, numărarea s-a realizat pentru o valoare prag de minim 10%.

Table 1: Output data for the estimation process based on compact parts drawing

Tabelul 1: Date de ieșire ale estimării normei de consum, pe baza metodei de desenare compactă a reperelor

Imaginiile sunt generate cu ajutorul unei componente grafice originale, capabile să gestioneze acțiuni specifice graficii vectoriale. Imaginile expuse în cadrul acestui articol au fost exportate din program cu ajutorul acestei componente.

Once this application has been developed, estimations for different parts sets can be done, using different values for process parameters. Controlling these parameters allows obtaining an estimation range, and not a single value.

It is important that the estimation process be stable, thus there should not be big differences between values estimated by different methods; also, estimation process must be relevant, thus differences between theoretical estimations and real values must be easy to tolerate.

From this statement, in the following section are presented results using different values for estimation process parameters. We made estimates for several articles, and we presented our interpretations for a set of parts considered suggestive.

## CASE STUDY

For each estimation variant, using compact parts drawing method, output data has been analysed for different sessions run with different values for process parameters, for a single parts set. Thus, Table 2 centralizes estimations made using the bounding rectangle variant, and Table 3 with Figures 12 and 13 centralize estimations made using the network squares variant.

Table 2: Estimations for the consumption norm for a footwear article, using bounding rectangle variant, for different control parameters

Tabelul 2: Estimări ale normei de consum ale unui articol de încăltăminte, cu ajutorul variantei dreptunghiului de gabarit, pentru diferiți parametri de control

Correction percentage $p$ [%] Procentajul de adaos $p$ [%]	Estimated value for the consumption norm $N_c$ [dm <sup>2</sup> /per] Valoarea estimată a normei de consum $N_c$ [dm <sup>2</sup> /per]	Variant layout Illustrarea variantei	Variant layout (detail) Illustrarea variantei (detaliu)
5	16.08		
10	16.85		

Odată dezvoltată această aplicație, se pot realiza estimări pentru diverse seturi de repere, folosind diverse valori pentru parametrii de proces. Controlul acestor parametri permite obținerea unui domeniu pentru norma de consum și nu doar a unei singure valori.

Important este ca procesul de estimare să fie stabil, adică să nu existe diferențe mari între valorile estimate prin diferite variante și să fie relevant, adică să nu existe diferențe mari între valorile estimate și valorile reale ale consumului de materiale.

Pornind de la această afirmație, în următoarea secțiune sunt prezentate rezultate ale estimării folosind diverse valori pentru parametrii de proces. Am realizat estimări pentru mai multe articole și vom prezenta interpretările noastre pentru un set de repere considerat sugestiv.

## STUDIU DE CAZ

Pentru fiecare variantă de estimare a normei de consum  $N_c$ , pe baza desenării compacte a reperelor, s-a urmărit evoluția datelor de ieșire, modificând parametrii specifici fiecărei variante, pentru un același set de repere. Astfel, Tabelul 2 centralizează estimări realizate cu ajutorul variantei dreptunghiului de gabarit, iar Tabelul 3 împreună cu Figurile 12 și 13 centralizează estimări realizate cu ajutorul variantei pătrățelelor.

Table 2: Continued  
Tabelul 2: Continuare

Correction percentage $p$ [%] <i>Procentajul de adăos p [%]</i>	Estimated value for the consumption norm $Nc$ [ $\text{dm}^2/\text{per}$ ] <i>Valoarea estimată a normei de consum <math>Nc</math> [<math>\text{dm}^2/\text{per}</math>]</i>	Variant layout <i>Ilustrarea variantei</i>	Variant layout (detail) <i>Ilustrarea variantei (detaliu)</i>
15	17.62		
20	18.38		

Table 3: Estimations for the consumption norm for a footwear article, using squares network variant, for different control parameters  
Tabelul 3: Estimări ale normei de consum ale unui articol de încăltăminte, cu ajutorul variantei pătrățelelor, pentru diferiți parametri de control

$dl$ [dm]	$Nc$ estimated for different square validation (counting) conditions [ $\text{dm}^2/\text{per}$ ] <i>Nc estimată pentru diferite condiții de validare (numărare) a unui pătrățel [<math>\text{dm}^2/\text{per}</math>]</i>			
	any intersection <i>orice intersecție</i>	limit value of 10% <i>valoare prag de 10%</i>	limit value of 25% <i>valoare prag de 25%</i>	limit value of 50% <i>valoare prag de 50%</i>
1	18 – Fig. 12.a	18	16	12
0.75	18	16.88 – Fig. 12.b	15.75	12.38
0.67	19.56	14.22	14.22 – Fig. 12.c	12.44
0.5	16.5	15.5	14.5	11.5 – Fig. 12.d
0.33	16	15.33	13.33	10.89
0.25	14.63	13.5	12.88	11.5
0.2	14.08	13.28	12.4	11.52

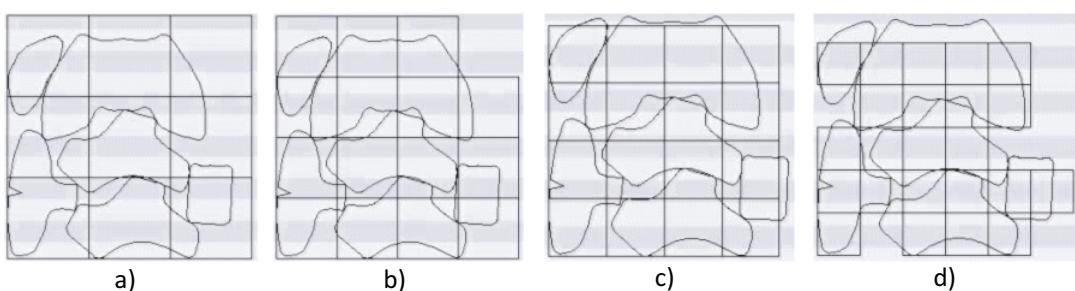


Figure 12. Square network layout after validation process, for 4 out of 28 variants exposed in Table 3  
Figura 12. Aspectul rețelei de pătrățele după etapa de validare, pentru 4 din cele 28 de variante expuse în Tabelul 3

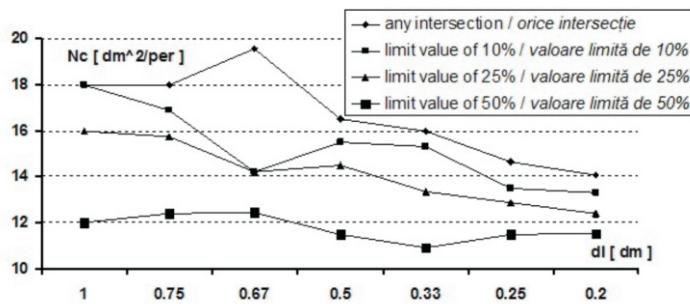


Figure 13. Consumption norm evolution,  
depending on square side size, for different validation conditions  
Figura 13. Variația normei de consum, în funcție de dimensiunea  
laturii pătrățelului, pentru diferite condiții de validare

#### Observations:

- for bounding rectangle variant, theory recommends a range of 5-10 [%] for the correction percentage;
- for the squares variant, in industry, square side size is 1[dm]. Regarding the limit value, there is no standard value; the person that estimates the consumption norm notices when a square is less occupied and does not count it;
- bounding rectangle variant generates larger values than squares network variant; this behaviour can be explained by the fact that both variants start from the same compact parts group, but the bounding rectangle variant considers group limits as a minimal value, while squares network variant has tolerance during the counting process, because squares from the original network or those less occupied can be ignored if there is no intersection;
- squares network variant run for small square side size (e.g.  $dl=1[\text{mm}]$ ) is equivalent to a technique of surface meshing [9] (Figure 14); as square side size decreases, estimated value gets closer to parts set area; this observation is not important for the estimation process, but it might be properly used for other purposes.

#### Observații:

- în cazul variantei dreptunghiului de gabarit, cultura de specialitate recomandă pentru procentajul de corecție intervalul de 5-10 [%];
- în cazul variantei pătrățelelor, în practica industrială, pătrățelul are latura de 1[dm]. Referitor la valoarea prag, nu există o precizare standard; în practica industrială, persoana care estimează norma de consum sesizează cazul în care un pătrățel este ocupat într-o măsură prea mică, și nu îl numără;
- varianta dreptunghiului de gabarit generează estimări în general mai mari decât varianta pătrățelelor; acest lucru se poate explica prin faptul că amândouă variantele pornesc de la un același grup de repere, dar varianta dreptunghiului de gabarit estimează norma de consum considerând limitele grupului ca valoare minimă, în timp ce varianta pătrățelelor prezintă toleranță în cazul numărării, putând exclude pătrățele din interiorul rețelei, sau cele ocupate într-o măsură mai redusă;
- varianta pătrățelelor apelată pentru dimensiuni reduse ale pătrățelului (spre exemplu  $dl=1[\text{mm}]$ ) este echivalentă cu o tehnică de discretizare [9] a suprafeței (Figura 14); cu cât dimensiunea laturii scade, cu atât valoarea estimată se apropiă de aria setului de repere; această observație nu prezintă importanță pentru procesul de estimare, dar se poate folosi cu succes pentru alte scopuri.

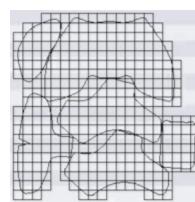


Figure 14. The estimation method based on parts compact drawing,  
done for a small square side size, is equivalent to a surface meshing technique  
Figura 14. Metoda de estimare a consumului, bazată pe desenarea compactă a reperelor,  
apelată pentru o dimensiune redusă a pătrățelului, este echivalentă cu o tehnică de discretizare a suprafeței

## Interpretation for the Estimation Process Based on Compact Parts Drawing Method

## Interpretarea procesului de estimare asistată prin metoda desenării compacte

Table 4: Collapsing estimation domains  
Tabelul 4: Restrângerea intervalelor de estimare

Estimation variant <i>Varianta de estimare</i>	Estimation domain [dm <sup>2</sup> /per] <i>Intervalul de estimare [dm<sup>2</sup>/per]</i>	
	theoretical <i>teoretic</i>	conclusive <i>concludent</i>
bounding rectangle <i>dreptunghiul de gabarit</i>	16.08 - 18.38	16.08 - 16.85
squares variant <i>pătrățele</i>	12.00 - 19.56	16.00 - 17.00

- estimation process involves collapsing theoretical estimation domains to conclusive ones (Table 4);
- conclusive domains of different methods must suggest approximately the same values;
- some particular values can reduce the differences between consumption norm values estimated by the computer;
- particular values for bounding rectangle variant are those for a correction percentage of 5-10[%];
- setting particular values for squares network variant requires analysing network layouts (Figure 12) and values evolution (Figure 13) for all estimations; values deviations decrease when limit value increases, and when square side size decreases;
- for the analysed set, a consumption norm of 16.50 [dm<sup>2</sup>/per] is estimated; for bounding rectangle variant, this value corresponds to a correction percentage of ~7.7%, and for squares network variant, correspond dl=0.5[dm] and dl=0.75[dm] respectively, with a limit value of 10% (Figure 15).

- procesul de estimare presupune restrângerea intervalelor de estimare teoretică, la intervale concludente (Tabelul 4);
- intervalele concludente, generate prin metode diferite, trebuie să sugereze aproximativ aceleași valori;
  - prin utilizarea unor valori particulare, se pot reduce diferențele dintre valorile estimate de către calculator pentru norma de consum;
  - valorile particulare pentru varianta dreptunghiului de gabarit sunt cele corespunzătoare procentajului de adaos de 5-10[%];
  - stabilirea valorilor particulare pentru varianta pătrățelor se realizează interpretând aspectul rețelei (Figura 12) și evoluția valorilor (Figura 13) pentru toate estimările; dispersia valorilor scade cu creșterea valorii prag și cu scăderea dimensiunii pătrățelului;
  - pentru setul de repere analizat, se estimează un consum de 16.50 [dm<sup>2</sup>/per]; pentru varianta dreptunghiului de gabarit, această valoare corespunde procentajului de corecție de ~7.7%, și pentru varianta pătrățelor corespund dl=0.5[dm], respectiv dl=0.75[dm], împreună cu o valoare prag de 10% (Figura 15).

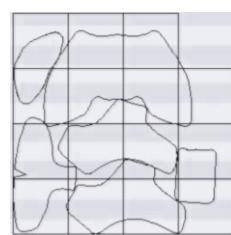
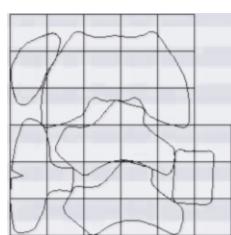


Figure 15. Final layouts for squares network variant  
Figura 15. Aspecte ale rețelei de pătrățele pentru valoarea finală a normei de consum

## CONCLUSIONS

- An algorithm for the estimation method, based on compact parts drawing, in order to get the consumption norm for leather and synthetic products has the main advantage that original estimation duration is reduced, by using computers to simulate estimation process; algorithms and software solution presented in this paper had been developed by the authors;
- The software for material estimations has an educative attribute, because it favours concepts for footwear design, and it generates suggestive analytical results and images, in an interactive manner;
- Estimation method based on compact parts drawing provides results similar to the ones obtained by using other methods;
- There is no recommendation for a set of particular values to use, because these values vary from one article to another, for instance, from men's shoes to women's boots, because parts of different articles are grouped differently;
- If assisted estimation is used for a final stage, for instance, for a bachelor's degree paper, it can be said that estimation process is stable, and it significantly reflects theoretical concepts for footwear design;
- If assisted estimations are used for manufacturing planning, it is necessary to reduce as much as possible the differences between estimated and real values for material consumption; there will always be differences between them, but it is important that software applications provide relevant solutions. An estimation is considered relevant if differences between theoretical and practical values are easy to tolerate. In industry there are more variables than software specific parameters, and this causes assisted design to lose ground, reducing its credibility. This is a very important issue regarding computer assisted design, which justifies focusing efforts to improve this situation;
- The technique for computer assisted material estimation can provide relevant solutions for the industrial environment, if it is subject to a solid development, as part of automation solutions for cutting departments; today there are numerically controlled machineries that perform cutting, but they have low reliability, high acquisition costs and supply-

## CONCLUZII

- Algoritmizarea metodei de estimare a necesarului de materiale pentru confectionarea produselor din piele și înlocuitori pe baza desenării compacte a reperelor prezintă avantajul scurtării dureatei practice de estimare a normei de consum, prin utilizarea calculatorului pentru simularea procedeului de estimare; algoritmii prezentați împreună cu programul de calculator au fost realizati de către autori;
- Programul de calculator destinat estimării prezintă caracter educativ, favorizând prezentarea conceptelor de proiectare ale încălțăminte, furnizând într-un mod interactiv rezultate analitice și grafice sugestive;
- Utilizarea metodei de desenare compactă pentru estimarea consumului de materiale furnizează rezultate comparabile cu cele ale altor metode de estimare;
- Setul de valori particulare variază de la un tip de produs la altul, spre exemplu, de la pantofi pentru bărbați la cizme pentru femei, deoarece repere ale unor tipuri de articole diferite se grupează diferit;
- Cât timp estimările cu ajutorul calculatorului se realizează ca etapă finală, spre exemplu, în cazul unui proiect de licență, se poate afirma că estimările sunt stabile și reflectă semnificativ concepțele teoretice ale proiectării încălțăminte;
- Cât timp estimările cu ajutorul calculatorului se realizează în scopul planificării producției, se impune reducerea cât mai mult a diferenței dintre valoarea estimată și valoarea reală a consumului; în totdeauna vor exista diferențe între aceste valori, dar important este ca aplicațiile software să furnizeze soluții relevante pentru industrie. O estimare se consideră relevantă dacă diferențele dintre valorile teoretice și cele practice se pot tolera ușor. În practica industrială, există mult mai mulți factori decât parametri specifici estimării pe calculator, iar acest lucru face ca estimarea asistată să piardă din teren. Aceasta este un aspect foarte important al proiectării asistate, care justifică concentrarea eforturilor în ameliorarea acestei situații;
- Tehnica estimării consumului de materiale, asistată de calculator, poate furniza rezultate cu aplicabilitate în mediul industrial, dacă se dezvoltă solid, ca parte integrantă în soluțiile de automatizare ale procesului de croire; în prezent, există utilaje controlate numeric, care execută croirea, dar prezintă fiabilitate redusă, costuri ridicate de achiziție și cu consumabilele, și

related costs, and they do not perform proper parts nesting on leathers; thus, we wish to focus our efforts to develop an algorithm capable of providing nesting solutions as good as those of qualified workers. We can use our experience from developing solutions for computer assisted material estimations, but research requires time and collaboration with the industry that produces numerical machineries.

#### Acknowledgements

This paper was written with financial support of the EURODOC project „Doctoral Scholarships for performance research in Europe”, funded by the European Social Fund and the Government of Romania; contract no. 3585-107 of 01.03.2010.

nu realizează aşezări corespunzătoare pe suprafaţa pieilor; astfel, dorim să ne canalizăm eforturile în scopul dezvoltării unui modul software capabil să genereze aşezări ale reperelor comparabile cu cele realizate de către croitorii calificaţi. Astfel putem folosi experienţa acumulată în urma dezvoltării soluţiilor destinate estimării asistate, dar cercetarea necesită timp pentru a atinge acest scop și colaborarea cu industria care produce utilaje destinate automatizării.

#### Mulțumiri

Această lucrare a fost realizată cu suportul financiar al proiectului EURODOC „Burse doctorale pentru performanţă în cercetare la nivel european”, finanțat de către Fondul Social European și Guvernul României, prin contract nr. 3585-107 din 01.03.2010.

## REFERENCES

1. Mălureanu, G., Mihai, A., Footwear Design Basics (in Romanian), Performantica, Iași, **2003**.
2. Păştină, M., Aura, M., Mitu, S., Boot 3D Modelling and Pattern Making Using CAD Technology, *Revista de Pielarie Incaltaminte (Leather and Footwear Journal)*, **2011**, 11, 4, 303-319.
3. Petrisor, E., Algorithmic Geometric Modelling (in Romanian), Technical Publishing House, Bucharest, **2001**.
4. Mulghelanu, E., Analytical and Differential Geometry (in Romanian), Didactical and Pedagogical Publishing House, Bucharest, **1965**.
5. Lucanu, D., Algorithm Design (in Romanian), Polirom, **2008**.
6. Cocea, M., Croitoru, D.F., Computer-aided Footwear Design by Means of CRISPIN Dynamics Engineer Software, *Revista de Pielarie Incaltaminte (Leather and Footwear Journal)*, **2004**, 4, 1.
7. Cocea, M., Croitoru, D.F., CAD Procedures for Footwear Design (in Romanian), Gh. Asachi Technical Publishing House, Iași, **2003**.
8. Cociu, V., Fica, A., Equipment and Technology for Footwear Manufacturing (in Romanian), Didactical and Pedagogical Publishing House, Bucharest, **1977**.
9. Drîscu, M., Păştină, M., CRISPIN Dynamics 3D – New Solution for Shoemakers, Creating and Modifying the Shoe Last, *Revista de Pielarie Incaltaminte (Leather and Footwear Journal)*, **2011**, 11, 2, 109-120.