

# RECUNOAȘTEREA ȘI EXTRAGEREA AUTOMATĂ A ENTITĂȚILOR DIN MODELE CAD

# AUTOMATED FEATURE RECOGNITION AND EXTRACTION FROM CAD MODELS

**Rodica PĂUNESCU**

Transilvania University of Brasov, Romania

**Rezumat.** Recunoașterea automată a entităților este considerată o componentă critică pentru integrarea CAD și CAPP. Scopul acestor sisteme este de a recunoaște și extrage automat entitățile piesei din fișierele CAD și de a le furniza sistemului CAPP care generează planul tehnologic. Cele mai multe sisteme actuale au dificultăți în procesarea pieselor cu forme complexe și cu entități care interacționează. Această lucrare prezintă o analiză a punctelor forte și a celor slabe proprii acestor metodologii automatizate.

**Cuvinte cheie:** entitate de prelucrare, recunoaștere, metode automatizate, aplicații CAD/ CAM/ CAE/ PDM

## 1. Introducere

Termenul entitate nu are același sens pentru diferitele discipline ingineresti. Entitatea, în proiectarea asistată de calculator (CAD), se poate referi la o mulțime de informații ca de exemplu: formă, funcțiune sau tehnologie. În domeniul prelucrărilor, entitățile pot fi: de formă, de toleranță, de ansamblu, funcționale sau de material. O entitate de prelucrare, care este de tip prelucrare, poate fi definită ca un volum generat de o sculă așchietoare, acesta este întotdeauna negativ (extras).

Deși modelul CAD asigură mijloace excelente de reprezentare a geometriei și topologiei pieselor, multe din informațiile esențiale în procesele tehnologice nu sunt de natura geometrică. La integrarea CAD-CAM se pune problema cum sunt interpretate automat informațiile CAD pentru a fi utile prelucrării automate. Automatizarea cu succes a sistemelor CAD și CAM este o verigă vitală pentru dezvoltarea sistemelor de prelucrare integrate (CIM).

Procesul de recunoaștere a entităților (RE) se compune din câteva etape: identificarea entităților, determinarea parametrilor entității, extragerea entităților și, în final, organizarea lor. Acesta își găsește aplicare în modelare, proiectare, analiză cu element finit, prelucrare, proiectare tehnologică și în estimarea de costuri.

Modelul solid împreună cu informațiile conținute de entități asigură datele necesare în exploatarea sistemelor CAM. De aceea entitățile sunt considerate ca fiind cheia în integrarea CAD/CAM.

**Abstract.** Automated feature recognition is considered a critical component for integration CAD and CAPP. The goal of these systems is to recognize and extract features of a part stored in the CAD files and to drive CAPP system which generates process plan. Most current automated feature recognition systems have difficulties in processing of the parts having complex and interacting features. This paper presents a review of strengths and weaknesses of these automated methodologies.

**Key words:** manufacturing feature, recognition, automated methods, CAD/ CAM/ CAE/ PDM applications

## 1. Introduction

The term feature has not the same meaning in different engineering disciplines. A feature, in computer-aided design (CAD), can refer to all sorts of information, such as for example: shape, functional or technological information. In manufacturing the types of features are: form, tolerance, assembly, functional and material. A machining feature which is a manufacturing feature can be defined as the volume swept by a cutting tool; it is always negative (subtracted) volume.

While CAD model provides an excellent means of representing the geometry and topology of parts, much of the information crucial to manufacturing processes is not geometric. In integrating CAD with CAM a major problem is how to interpret low-level CAD information automatically in a manner that is useful for automated manufacture. Successful automation of CAD and CAM systems is a vital connection in building Computer Integrated Manufacturing (CIM) systems.

Feature Recognition (FR) is composed of several phases: features identification, determining feature parameters, features extraction and finally features organization. It finds applications in modelling, design, finite element analysis, machining, process planning and cost estimation.

The solid model together with its feature information provides the opportunity to exploit its data in downstream CAM systems. Therefore, features are generally regarded as a key component in CAD/CAM integration.

Metodele de recunoaștere a entităților sunt:

- Interactive: când utilizatorul definește entitățile prin selectarea lor dintr-un model geometric;
- Proiectarea orientată pe entități sau modelarea bazată pe entități: unde geometria pieselor este stabilită direct folosind entitățile existente într-o bibliotecă predefinită;
- Recunoașterea automată a entităților (RAE): unde un program investighează structura de date a modelului geometric în scopul identificării și extragerii automate a entităților.

Prezenta lucrare se concentrează doar pe RAE. În ultimii treizeci de ani au fost propuse multe tehnici RAE pentru recunoașterea din modele CAD atât a entităților simple, cât și a celor care interacționează. Datorită suprapunerii puternice între diferitele tehnici de recunoaștere a formelor este dificilă clasificarea acestor metode [1, 6, 7]. Astfel, diferitele metodologii RAE pot fi împărțite informal în următoarele categorii [1]: recunoaștere bazată pe modele sintactice; metode bazate pe reguli; metode bazate pe grafuri; pe decompoziția volumelor; pe abordări hibride incluzând inteligența artificială (IA). Alți cercetători consideră ca fiind o categorie distinctă cea bazată pe indicii [7, 8]. Un indiciu este o sugestie prin care o entitate este prezentă în modelul CAD, dar acesta nu este complet utilizabil la implementarea entității.

Oricum, performanțele sistemelor RAE existente se limitează la cerințele unor aplicații de prelucrare specifice.

## 2. Fișierele CAD utilizate de către RAE

Spre deosebire de sistemele de proiectare bazate pe entități, procesul de recunoaștere a entităților nu este restricționat de modelul CAD. Odată ce piesa este creată într-un format neutru (STEP, IGES, DXF) aceasta servește ca dată de intrare în RAE. Fișierul neutru IGES este cel mai popular format. Fișierul STEP (ISO 10303) este utilizat pentru a înmagazina toate datele relevante întregului ciclu de viață a produsului. Sistemele CAD care au utilizat formatul IGES migrează spre folosirea formatului STEP și a celui mai nou standard STEP-NC.

STEP-NC (ISO 10303-238, cunoscut și ca AP238) este o dezvoltare STEP care completează informațiile de proiectare cu cele de prelucrare ca: materialul piesei, entitățile de prelucrare, toleranțe, cerințe asupra sculelor, succesiunea operațiilor, viteze, avansuri de așchiere și alți parametri de proces. Până acum, STEP-NC conține parametri specifici operațiilor și sculelor pentru frezare, strunjire și pentru dispozitivele de control,

Feature recognition methods are:

- Interactive methods: where the user defines features by picking entities from a geometric model;
- Design-by-features or Feature-base modelling: where the component geometry is directly designed using shape features from a predefined library;
- Automatic Feature Recognition (AFR): where a computer program interrogates the data structure of the geometric model to discover and extract features automatically.

This paper focuses on AFR. For last thirty years, many AFR techniques have been proposed for recognizing both simple and interacting features in CAD models. Due to considerable overlap between various feature recognition techniques is difficult to classify the methods [1, 6, 7]. So, the various AFR methodologies can be divided informally into the following categories [1]: syntactic pattern recognition, rule-based methods, graph-based methods, volume decomposition, and hybrid approaches including artificial intelligence (AI). Other researchers consider the hint-based approach as a separate category [7, 8]. A hint is an indication about a specific feature, present in CAD model, but it is not complete if you want to implement the feature.

However, the recognition performances of the existing AFR systems are limited to the requirements of specific manufacturing applications.

## 2. CAD files used by AFR

In contrast to feature-based design systems feature recognition places no restrictions on CAD modeler. Once the part is created into a neutral file format (STEP, IGES, DXF) it serves as input to AFR. IGES is most popular neutral file. STEP (ISO 10303) file is used to store all the data relevant to the entire life cycle of a product. CAD systems which used to support IGES format, are moving toward the use STEP format and the newest standard STEP-NC.

STEP-NC (ISO 10303-238 also known as AP238) is an extension of STEP that enhances the design information with manufacturing information like workpiece material, its manufacturing features, tolerances, tool requirements, process sequence, speeds, feeds and other process parameters. Till now, the STEP-NC standard handles technology-specific parameters operations and cutting tools for milling and turning operations, and devices for inspection, extensions for other technologies are

extensiile spre alte tehnologii sunt în dezvoltare.

În modul tradițional de transmitere a datelor, fișierul CAM este trimis la un postprocesor individual a cărui ieșire spre mașina-unelte CNC este în cod M și G, în consecință procesul este dependent de mașină. STEP-NC elimină necesitatea de a avea câte un postprocesor pentru fiecare configurație a mașinii. Dezvoltarea viitoarelor sisteme de prelucrare inteligente se bazează pe STEP-NC [14]. Succesul noului standard STEP-NC depinde de modul în care utilizatorii și dezvoltatorii de mașini-unelte CNC și CAD/CAM vor răspunde la provocare.

### 3. Abordarea bazată pe grafuri

Ideea fundamentală este de a descrie piesa prin grafuri de diverse tipuri. În prezenta lucrare, deoarece reprezentările prin frontieră (B-rep) ale pieselor sunt ușor de transpus într-un graf, tehnicile RAE care le folosesc au fost de asemenea incluse.

Abordările bazate pe graf se împart în două categorii: cele bazate pe căutare în graf și cele bazate pe potrivirea pe modele și găsirea isomorfismului subgrafului.

Graful de adiacență cu atribute (GAA): fiecare suprafață este reprezentată printr-un nod, iar muchia care unește oricare două fețe este reprezentată de un arc. Fiecărei muchii  $i$  se atribuie un atribut, 1 sau 0 funcție de concavitățile sa. Procesul de recunoaștere compară componentele sau subgrafurile piesei cu entitățile din baza de cunoștințe. Este evident că metoda este compatibilă cu modelul B-rep ca dată de intrare.

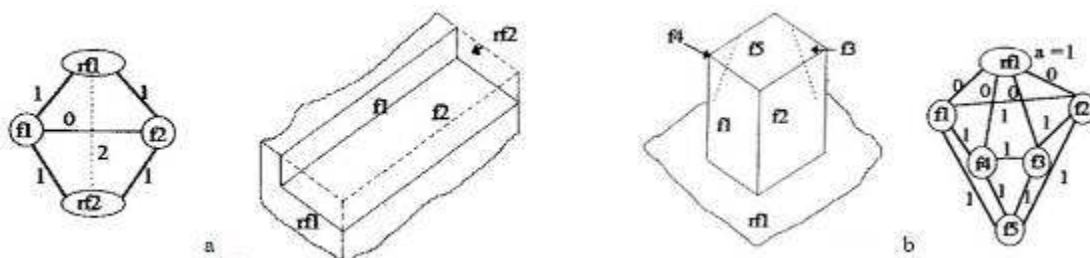


Figura 1. Modelele pentru două entități de bază: a- treaptă, b- bosaj [2]  
Figure 1. Patterns of two basic features: a- step, b- boss [2]

Deoarece acest GAA este inconsistent și are dificultăți în recunoașterea entităților compuse și a condițiilor de interacțiune, Zhang C. [2] propune un graf modificat numit RAAG, completat cu următoarele atribute:  $t = 2$  muchia-arc este un arc virtual care leagă două suprafețe antiparalele și neconvexe (rfaces),  $t = 3$  pentru suprafețe perpendiculare;  $a = 0$  dacă suprafața este rface și nu conține o buclă interioară și  $a = 1$  în cazul în care o conține. Baza de cunoștințe are șapte entități: bosaj (figura 1b), insulă, buzunar, canal orb,

under development.

With a traditional data-flow sequence, the CAM system file output is sent to an individual postprocessor that output M and G code to CNC machine tool, it is machine tool dependent. STEP-NC essentially eliminates the need to have a unique postprocessor for each machine tool configuration. The developing of the future intelligent manufacturing systems is based on STEP-NC standard [14]. New STEP-NC success depends on how the end users, CNC machine tool and CAD/CAM vendors respond to it.

### 3. Graph-based approach

The fundamental idea is the part representing by a different graph types. In this paper, because the boundary representations (B-rep) of the parts are easy translated into a graph, the AFR techniques that use B-rep were included too.

The graph-based approaches fall into two categories: those based on graph search and those based on pattern matching and finding sub-graph isomorphism.

The attributed adjacency graph (AAG): each face is represented by a node, and the edge joining any two faces is represented by an arc. Each edge is assigned an attribute, 1 or 0 based on its concavity. The recognition process compares components or sub-graphs of the part with features in the knowledge base. It is obvious that the method is compatible with input B-rep model.

Because this AAG is weak and has difficulties in recognizing compound features and interaction conditions, Zhang C. [2] proposes an modified graph named RAAG, completed with following attributes:  $t = 2$  edge arc is a virtual arc linking two anti-parallel non-convex surfaces (rfaces),  $t = 3$  for perpendicular surfaces;  $a = 0$  if surface is a rface and does not contain an inner edge loop and  $a = 1$  if contains it. The knowledge base has seven features: boss (figure 1b), island, pocket, blind slot, through

canal străpuns, treaptă (figura 1a) și canal semistrăpuns. A fost dezvoltat un program prototip integrat în AutoCAD, bazat pe un algoritm de recunoaștere a entităților format din șapte etape de calcul. Algoritmul nu este complet automatizat, poate fi aplicat pentru componente 2,5 D prelucrate.

Un algoritm mai complex este propus de J.Y. Lee și K. Kim [3]. Metoda generează interpretări alternative ale entităților de prelucrare plecând de la un model de proiectare bazat pe entități. În acest caz este utilizat un graf ȘI/SAU. Entitățile de prelucrare sunt limitate la semifabricate prelucrate pe mașini de frezat cu 3-axe. Fișierul neutru STEP este folosit pentru a transfera date la sistemele CAPP (figura 2).

slot, step (figure 1a) and notch. A prototype software integrated with AutoCAD has been developed based on a feature recognition algorithm having seven steps. The algorithm is not fully automated, can be applied for 2.5 D machined components.

A more complex algorithm is proposed by J.Y. Lee and K. Kim [3]. The method generates alternative interpretations of machining features from a feature-based design model. In this case an AND/OR graph is used. Machining features are limited to workpieces processed by 3-axis milling machine tool. The neutral STEP file is used to transfer data to CAPP systems (figure 2).

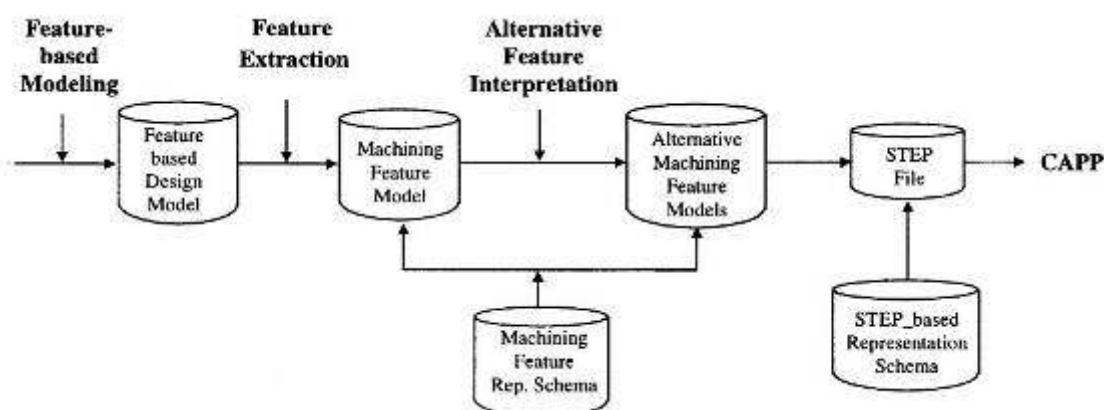


Figura 2. Schema generării de modele alternative ale entităților propusă de J.Y. Lee și K. Kim [3]  
 Figure 2. Schematic diagram for generating alternative feature models proposed by J.Y. Lee and K. Kim [3]

N. Ismail [3] propune o metodă pentru RAE folosind informații din fișierele B-rep. Spre deosebire de alți cercetători, care folosesc doar informații geometrice și topologice extrase din baze de date geometrice, N. Ismail include informații de adresabilitate spațiale disponibile în modelul solid, în consecință procesul de recunoaștere este simplificat. Sunt utilizate modelele solide AutoCAD și metoda poate fi aplicată în cazul în care piesa are 2,5 D.

Un avantaj al sistemelor bazate pe grafuri constă în existența unui fundament teoretic solid și în algoritmi corespunzători. Toate sistemele de acest tip au următoarele dezavantaje majore: reprezentările pe bază de graf pentru modele solide ale pieselor sunt dificil de adaptat la piesele industriale reale, aceste reprezentări devin foarte complexe pentru piese cu geometrie și topologie complexă.

#### 4. Abordarea prin decompoziție volumetrică

Există două abordări principale de decompoziție volumetrică: convexă și pe bază de celule. Ambele metode implică descompunerea piesei într-o mulțime de volume intermediare și apoi extragerea entităților

N. Ismail [3] proposes a method for AFR using information from B-rep files. In contrast with other researchers who use only geometric and topological information extracted from geometric database, N. Ismail includes the spatial addressability information available in a solid model, so the recognition process is simplified. The AutoCAD solid models are used, and method can be applied if the part has 2.5 D.

An advantage of graph-based systems is the solid theoretical and algorithmic foundation of graph theory. All graph-based recognizing systems suffer from following major drawbacks: graph-based representations for solid models of parts are difficult to extend to real industrial parts, these graph-based representations become very complex for parts with complex geometry and topology.

#### 4. Volume decomposition approach

There are two main volume decomposition approaches: convex hull and cell-based decomposition. Both methods involve decomposing the part into a set of intermediate volumes and then

de prelucrare [5].

Există trei limitări semnificative ale metodelor de decompoziție volumetrică: sunt aplicabile exclusiv operațiilor de îndepărtare de material; pentru piese complexe efortul de calcul este mare; până în prezent această abordare nu ia în considerare constrângerile impuse entităților de sculele de așchiere; anumite entități pot avea muchii neprelucrabile sau inaccesibile [6]. Ca urmare a acestor neajunsuri, în ultimii ani, cercetătorii în domeniu nu au folosit această abordare.

### 5. Abordarea prin inteligență artificială

Deoarece recunoașterea și extragerea entităților din fișierelor CAD sunt procese dificile, în ultimii ani o mulțime de cercetători propun metode hibride; de multe ori ei folosesc tehnicile inteligenței artificiale (IA).

Majoritatea sistemelor RAE existente sunt dedicate aplicațiilor specifice de prelucrare. E.B. Brousseau [8] a dezvoltat un sistem mai flexibil care combină două etape de procesare:

1. Învățarea din exemple, când regulile și indiciile entităților sunt extrase din datele de antrenare;
2. Recunoaștere bazată pe reguli și pe indicii din modelele B-rep ale piesei (figura 3).

extracting manufacturing features [5].

There are three significant limitations of the volume decomposition methods: it is exclusively applicable to material removal operations in the machining domain, for complex parts the computational effort is great, till now this approach does not consider the constraints imposed on features by cutting tools, certain features may have unmachinable corners or might be inaccessible [6]. By reason of these drawbacks in the last years researches did not use this approach.

### 5. Artificial intelligence approach

Because the recognizing and extracting features from CAD files are difficult processes, in the last years a lot of researches propose the hybrid methods; often they use artificial intelligence (AI) techniques.

The majority existing AFR systems are dedicated for specific manufacturing applications. E.B. Brousseau [8] developed a more flexible system, it combines two processing stages:

1. Learning from examples when rules and feature hints are extracted from training data;
2. Rule-based and hint-based recognition from B-rep part models (figure 3).

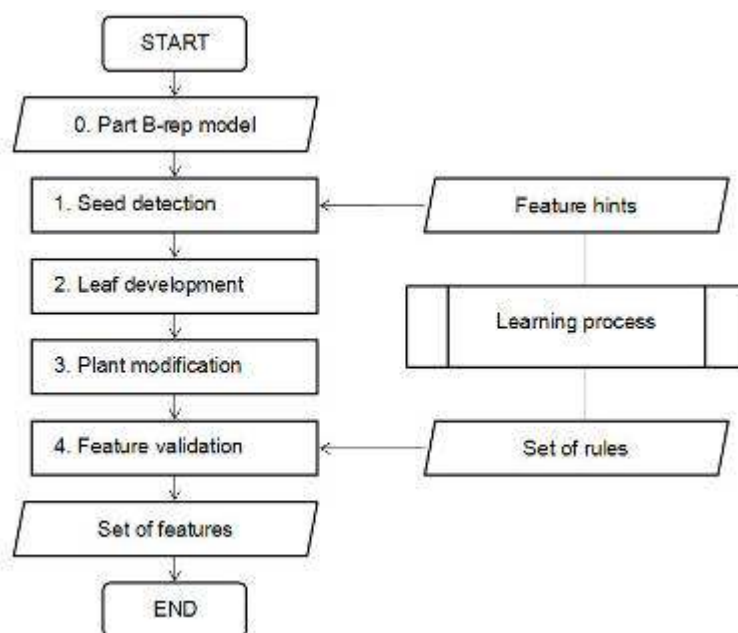


Figura 3. Schema procesului de recunoaștere a entităților propusă de E.B. Brousseau [8]

Figure 3. Schematic feature recognition diagram proposed by E.B. Brousseau [8]

Procesul RAE include patru etape (figura 3): detecția de germeni, dezvoltarea de agregate, modificarea seturilor de agregate și validarea entităților. Datele de intrare sunt fișiere STEP.

Scopul primei etape este de a detecta fețele

The AFR process includes four stages (figure 3): seed detection, leaf development, plant modification and feature validation. The input data are STEP files.

The aim of first stage is to detect individual

individuale care se potrivesc cu indiciile entităţii.

Al doilea subproces, realizat de un algoritm de natură geometrică, generează un set de suprafeţe care ar putea constitui o entitate.

În a treia etapă un set de suprafeţe poate fi modificat sau divizat dacă sunt identificate interacţiuni.

Ultimul subproces validează entitatea cu ajutorul unui set de reguli care include modele ale relaţiilor geometrice şi topologice între feţe.

Algoritmul a fost implementat şi testat folosind limbajul de programare Java.

Metoda RAE propusă oferă următoarele avantaje: baza de cunoştinţe poate fi actualizată şi îmbogăţită cu uşurinţă; în cazul în care un set nou de antrenare este pus la punct sistemul de RAE poate fi folosit pentru alt domeniu de aplicare; de asemenea poate să recunoască entităţile simple şi interactive.

Un sistem inteligent de proiectare tehnologică, numit ST-FeatCAPP, limitat la piese prismatice, care include şi un sistem RAE, a fost dezvoltat de S.M. Amaitik şi S.E. Kilic [9].

N.B. Sunil şi S.S. Pande [10] utilizează reţele neuronale artificiale (RNA) pentru recunoaşterea automată a entităţilor de prelucrare. Acest sistem RAE poate procesa entităţi de prelucrare prismatice 2,5 D neinteractive. Modelele B-rep în format ACIS sunt utilizate ca date de intrare.

În etapa de preprocesare, reprezentarea vectorială a modelului CAD a entităţii (RVE) este generată în trei etape: construirea grafului de adiacenţă a suprafeţelor piesei (GAS), descompunerea GAS în entităţi şi, în final, crearea RVE pentru fiecare GAS. Autorii folosesc un vector clar de reprezentare a entităţii cu 12-noduri.

În a doua etapă RVE sunt procesate de RNA în scopul clasificării entităţilor. Deoarece sunt necesare un proces de antrenare eficient plus capacitate de generalizare, a fost ales un sistem neuronal multi-strat cu transmitere înainte şi retro-propagare (figura 4).

În a treia etapă parametrii relevanţi ai entităţii sunt stocaţi pentru a se crea reprezentarea unui model bazat pe entităţi. Aceasta este transformată pentru compatibilitatea cu un sistem CAPP pe bază de entităţi.

Sistemul a fost testat şi s-a dovedit a fi robust, consistent şi rapid.

Algoritmii genetici (AG) [11, 15] sau hibridi din reţele neuronale (RN) şi AG [12] sunt utilizaţi în RAE. Spre deosebire de metodele bazate pe modele, metoda AG este mult mai flexibilă, nu se limitează la un set finit de modele predefinite de entităţi. Prima cercetare care a folosit AG în RAE a fost făcută de P.

faces that match the definition of feature hints.

The second sub-process, performed by a geometric reasoning algorithm, generates a face set that could form a feature.

The third stage, a face set could be modified or split into more faces sets if the interactions are detected.

The last sub-process validates the feature with a set of rules that includes patterns of the geometrical and topological relations between feature faces.

The algorithm was implemented using Java language programming and tested.

The proposed AFR method offers the following advantages: the knowledge base can be easily updated an enriched, if a new training set is constructed the AFR system can be used for other application domain; it also can recognize simple and interacting features.

An intelligent process planning system named ST-FeatCAPP, including a feature recognition process, but limited to prismatic parts, was developed by S.M Amaitik and S.E. Kilic [9].

N.B. Sunil and S.S. Pande [10] use artificial neural networks (ANN) for automatic recognition of machining features. The AFR system can process 2.5 D prismatic non-interacting depression machining features. The B-rep models in ACIS format are used as input to AFR system.

In preprocessing stage, the feature representation vectors (FRV) of the CAD model is generated in three steps: construction of part face adjacency graph (FAG), part FAG decomposition into feature FAGs, and finally creating FRV for each FAG. The authors use an unambiguous 12-node feature representation vector.

In the second stage, all FRVs are processed by ANN for feature classification. Because a good learning and generalization capabilities are necessary a multi-layer feedforward back propagation network has been chosen (figure 4).

In the third stage the relevant feature parameters are stored to create a feature-based model representation. It is translated to be compatible with a feature-based CAPP system.

The system was tested and was found to be robust, consistent and fast.

Genetic algorithm (GA) [11, 15] or hybrid neural networks (NN) and genetic algorithms [12] are used for AFR systems. Unlike the pattern-based methods, the GA method is more flexible, it is not limited to a finite set of predefined feature patterns. The first research that used GA in AFR was done by P. Pal [15] the processing time of AFR based on

Pal [15], timpul de procesare a RFA pe baza GA a fost îmbunătățit semnificativ comparativ cu alte abordări, dar metoda are și limitări. Dacă în cercetarea [15] formatul CAD de intrare a fost IGES, S.A. Admiral [11] adaptează același algoritm la formatul STEP.

GA has been significantly improved over other approaches but also has limitations. If in the research [15] the input CAD format was IGES, S.A. Admiral [11] adapts the same algorithm to STEP format.

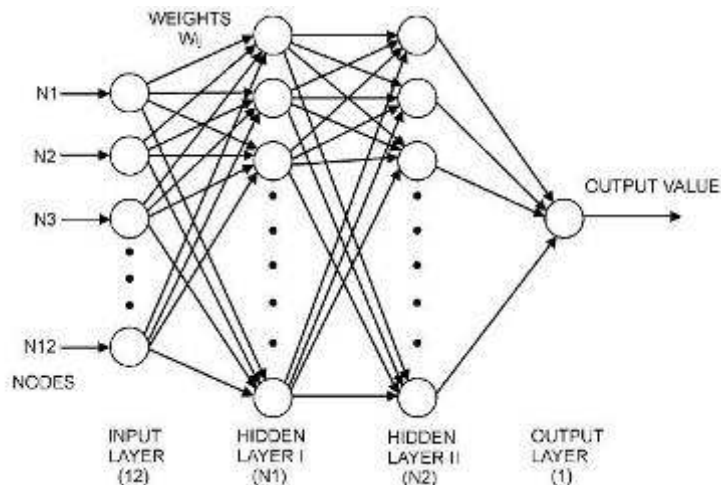


Figura 4. Arhitectura multistrat cu transmitere înainte 12-N1-N2-1 a RNA [10]

Figure 4. Multi-layer feedforward 12-N1-N2-1 architecture of ANN [10]

Hibridul RN&AG propus de către N. Ozturk [12] are performanțe superioare în recunoașterea entităților comparativ cu RN, deoarece are o arhitectură redusă a rețelei. AG este utilizat pentru a optimiza parametrii de intrare, astfel că soluția se obține cu mai puțin efort. Abordarea hibridă RN&AG dă rezultate mai bune ca timp de procesare și complexitate de calcul.

The hybrid NN&GA approach proposed by N. Ozturk [12] is superior in recognition than NN approach because it uses smaller network architecture. GA is used to optimize input parameters so that the solution is obtained with less computational process. The hybrid NN&GA approach obtains better results in terms of processing time and computational complexity.

#### 4. Concluzii

Tehnicile de recunoaștere a entităților au fost puternic promovate începând cu anul 1980. Până în prezent au fost dezvoltate aproximativ 150 de sisteme semnificative de recunoaștere, dar o mulțime dintre ele au dezavantaje. Majoritatea sistemelor comerciale de recunoaștere și de extragere a entităților sunt dedicate și lucrează interactiv.

#### 4. Conclusions

The feature recognition techniques have been extensively developed since the 1980 year. Till now about 150 significant recognitions systems were developed, but a lot of them have drawbacks. The majority of commercial feature recognition and extracting systems are dedicated and work interactively.

Multe tehnici de recunoaștere a entităților se bazează pe ipoteza că obiectele sunt poliedrice, dar în practică piesele industriale sunt mult mai complexe. Altă problemă fierbinte este cea a recunoașterii entităților cu forme libere.

Many feature recognition techniques are based on assumptions about polyhedral objects, but in industrial practice mechanical parts a more complex. Other hot problem is recognition of the freeform features.

O problemă dificil de rezolvat este recunoașterea automată a entităților care interacționează, calculele necesare fiind complexe. Sistemele RFA fără IA, care să fie rapide și eficiente au nevoie de un număr foarte mare de entități geometrice și topologice, sute de instanțe de entități, precum și numeroase tipuri de entități; dar tehnicile de IA pot simplifica dramatic sistemele RFA.

A difficult solving problem is feature interacting recognition and computational complexity. Fast and effective AFR of the non-AI systems need a huge number of geometric and topological entities, hundreds of feature instances, and numerous feature types; but AI techniques can dramatically simplify AFR systems.

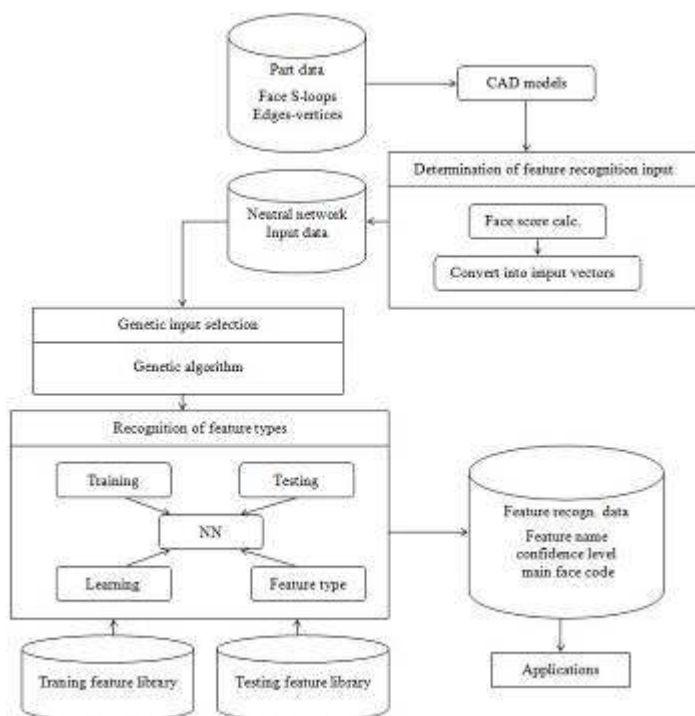


Figura 5. Arhitectura sistemului de recunoaștere a entităților propusă de N. Ozturk [12]

Figure 5. The feature recognition system architecture proposed by N. Ozturk [12]

Cele mai multe cercetări actuale, în domeniul recunoașterii entităților și în procesul de proiectare tehnologică se concentrează pe generarea de soluții unice. Recent, s-a acordat o mare atenție generării de interpretări alternative a entităților.

Most researches in our days recognition and process planning focus on generation of single interpretation. Recently, generation of feature alternative interpretations has received a great attention.

## References

1. Nwokah, O., Hurmuzlu, Y. (2002) *The Mechanical Systems Design Handbook Modeling, Measurement, and Control*. CRC PRESS, Boca Raton, London, New York, Washington D.C., ISBN 0-8493-8596-2
2. Zhang, C., Chan, K.W. (1997) *A Method for Recognition Feature Interactions and Feature Components within the Interactions*. The Int. Journal of Advanced Manufacturing Technology. No. 13, p. 713-722
3. Lee, J.Y., Kim, K. (1999) *Generating Alternative Interpretations of Machining Features*. The Int. Journal of Advanced Manufacturing Technology, No. 15, p. 38-48
4. Ismail, N. (2002) *Feature Recognition Patterns for Form Features Using Boundary Representation Models*. The Int. Journal of Advanced Manufacturing Technology, No. 20, p. 553-556
5. Pullat, R. (2010) *Manufacturing Feature Recognition by 3D Solid Model Slicing and Contour Based Geometric Reasoning*. MSc Thesis, University of Cincinnati
6. Regli, W.C., III. (1995) *Geometric Algorithms for Recognition of Features from Solid Models*. PhD thesis, University of Maryland
7. Han, J.H. (2000) *Manufacturing Feature Recognition from Solid Models: A Status Report*. IEEE Transactions on Robotics and Automation, Vol. 16, No. 6, December
8. Brousseau, E.B. (2009) *Learning and Reasoning Techniques for Automatic Feature Recognition from CAD Models*. Innovative Production Machines and Systems Conference
9. Amaitik, S.M., Kilic, S.E. (2007) *An intelligent process planning system for prismatic parts using STEP features*. The Int. Journal of Advanced Manufacturing Technology, No. 31, p. 978-993
10. Sunil, N.B., Pande, S.S. (2009) *Automatic recognition of machining features using artificial neural networks*. The Int. Journal of Advanced Manufacturing Technology, No.41, p. 932-947
11. Admiral, S.A. (2009) *GA Based Feature Recognition of Step File for CAD CAM Integration*. MSc Thesis, University Utara Malaysia
12. Ozturk, N. (2004) *Hybrid neural network and genetic algorithm based machining feature recognition*. Journal of Intelligent Manufacturing, No. 15, p. 287-298
13. Langerak, T.R., Vergeest, J.S.M. (2007) *Feature recognition of user-defined freeform features*. Computer-Aided Design and Applications, No. 4(1-4), p. 529-538
14. Hu, X.W., He, Q. (2004) *Striving for total integration of CAD, Capp, CAM and CNC*. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, No. 20, p. 101-109
15. Pal, P., Tigga, A.M. (2005) *Feature extraction from large CAD database using genetic algorithm*. Computer Aided Design, No. 37, p. 545-588