

UDK 658.512.2:004.925.8

MODELIRANJE POMOĆU ZNAČAJKE FEATURE MODELLING

Goran GREGOV–Gordana MARUNIĆ–Vladimir GLAŽAR

Sažetak: U radu su predstavljene osnovni načini razvoja modela značajke proizvoda. Istraživanja i unapređenja modeliranja pomoću značajke, kao modeliranja proizvoda koji omogućava pohranu geometrijskih i funkcijskih informacija u jednom modelu, nisu u potpunosti ostvarena. Uz pregled većih nedostataka koji prate sadašnje sustave za modeliranje pomoću značajke, a to su održanje značenja značajke, postojanje samo jednog modela proizvoda, ograničene mogućnosti kolaborativnog modeliranja i ograničena domena oblika, prikazana su i istraživanja usmjerena rješavanju tih nedostataka.

Ključne riječi:

- sustavi za modeliranje pomoću značajke
- semantika značajke
- višestruki pogledi
- kolaborativno modeliranje
- značajke slobodnog oblika

Abstract: The paper presents basic ways for the development of product feature model. The investigation and improvement of feature modelling, as product modelling that enables geometrical and functional information to be stored in a single model, has not been accomplished completely. Along with survey of major shortcomings that accompany current feature modelling systems, consisting of maintenance of feature semantics, the existence of only one product feature model, the limited facilities of collaborative modelling, and the limited shape domain the investigations aimed at solving these shortcomings are also presented.

Keywords:

- feature modelling systems
- feature semantics
- multiple views
- collaborative modelling
- freeform features

1. UVOD

U odnosu na konvencionalno modeliranje jedna je od glavnih prednosti modeliranja pomoću značajke sposobnost udruživanja funkcijskih i geometrijskih informacija u modelu proizvoda. Unapređenja pri modeliranju pomoću značajke tražena su kroz poboljšanu mogućnost pri konstruiranju (posebno za geometrijsko specificiranje i modifikaciju) i bolju sposobnost djelovanja kao integrirajućeg čimbenika za primjene u proizvodnji, kao što je tehnološko projektiranje, planiranje sklapanja i nadzora. Te su primjene bile glavna motivacija za razvoj matematičkih i računskih tehnika za rukovanje značajkama, tj. tehnologije značajke [1]. Svaka primjena značajke može imati vlastiti način gledanja proizvoda, tj. svoj model značajke proizvoda, sa značajkama relevantnim za tu primjenu. Takav model značajke za specifičnu primjenu nazvan je pogled na

1. INTRODUCTION

One of main advantages of feature modelling in relation to conventional modelling is the ability to associate functional information with geometrical information in the product model. Improvements in feature modelling are sought through increasing capability for design (especially geometric specification and modification) as well as bettering the ability to act as the integration factor for manufacturing applications, such as process planning, assembly planning and inspection. Such applications were the main motivation for the development of mathematical and computational techniques for dealing with the features i.e. feature technology [1]. Each application of a feature can have its own way of looking at a product i.e. its own feature model of the product with feature that are relevant for that application. Such a feature model for specific application is called

proizvod [2]. Pri konstruiranju proizvoda mogu se kao značajke uzeti u obzir generički oblici s nekom funkcijom za krajnjega korisnika proizvoda. U tehnološkom projektiranju za proizvodnju volumeni u proizvodu koji se mogu proizvesti s jednom ili slijedom operacija obrade skidanjem čestica uzimaju se u obzir kao značajke.

Prihvaćena je definicija značajke kao prikaza aspekata oblika proizvoda koji se mogu preslikati na generički oblik i funkcijski su značajni za fazu životnog vijeka nekog proizvoda. Funkcijska informacija, tj. uporaba oblika od strane krajnjega korisnika ili način na koji se oblik može proizvesti, može se pridružiti informaciji o obliku [3].

2. NAČINI MODELIRANJA POMOĆU ZNAČAJKE

Za određivanje značajke u modelu proizvoda razvijena su tri načina koji ne ovise o primjeni: prepoznavanje značajke (*Feature Recognition*), konstruiranje značajkama (*Design by Features*) ili modeliranje/konstruiranje na osnovi značajke (*Feature Based Modelling*, *Feature Based Design*), te pretvorba značajke (*Feature Conversion*).

2.1. Prepoznavanje značajke

Prvi način koji se koristio za identifikaciju značajke u modelu je prepoznavanje značajke. Prepoznavanje značajki izvodi se iz geometrijskih modela proizvoda. Geometrijski oblik modela prepoznaje se kao značajka koja se može koristiti u daljnjem konstruiranju modela, npr. prepoznavanje provrta na geometrijskom modelu kao značajke koja se može obraditi skidanjem čestica. Prepoznavanje značajke uglavnom se koristi u CAPP sustavima (Računalom podržano tehnološko projektiranje), ali općenito, prepoznavanje značajke može biti dio CAD funkcionalnosti. Na Sl. 1 prikazan je primjer prepoznavanja značajki na modelu [4].

2.2. Konstruiranje značajkama

Konstruiranje značajkama omogućava izgradnju modela proizvoda korištenjem značajki. Može se započeti bilo s više-manje potpunim geometrijskim modelom i na njemu definirati značajke oblika (*Shape or Form Features*), ili krenuti kombinirajući značajke oblika iz knjižnice. Značajka oblika odnosi se na pogodno definirani makro oblika. Konstruiranje s prethodno definiranim značajkama oblika može znatno smanjiti broj ulaznih naredbi, što je posebno pogodno pri ponovnom konstruiranju. Parametarski prikaz značajki omogućava efikasni način promjene značajki u odnosu na njihove dimenzije. Korisnik može kreirati vlastitu značajku koju pohranjuje u knjižnici korisničkog programa za daljnje korištenje. Kod takva načina modeliranja, značajke

a view on the product [2]. In product design, generic shapes with some function for the end-user of the product can be considered as features. In process planning for manufacturing, volumes in a product that can be manufactured with a single or a sequence of machining operations are considered as features.

The accepted feature definition is that represents the shape aspects of a product that are mappable to a generic shape and functionally significant for some product life-cycle phase. Functional information, e.g. the use of the shape for the end-user or about the way the shape can be manufactured, can be associated with the shape information [3].

2. WAYS OF FEATURE MODELLING

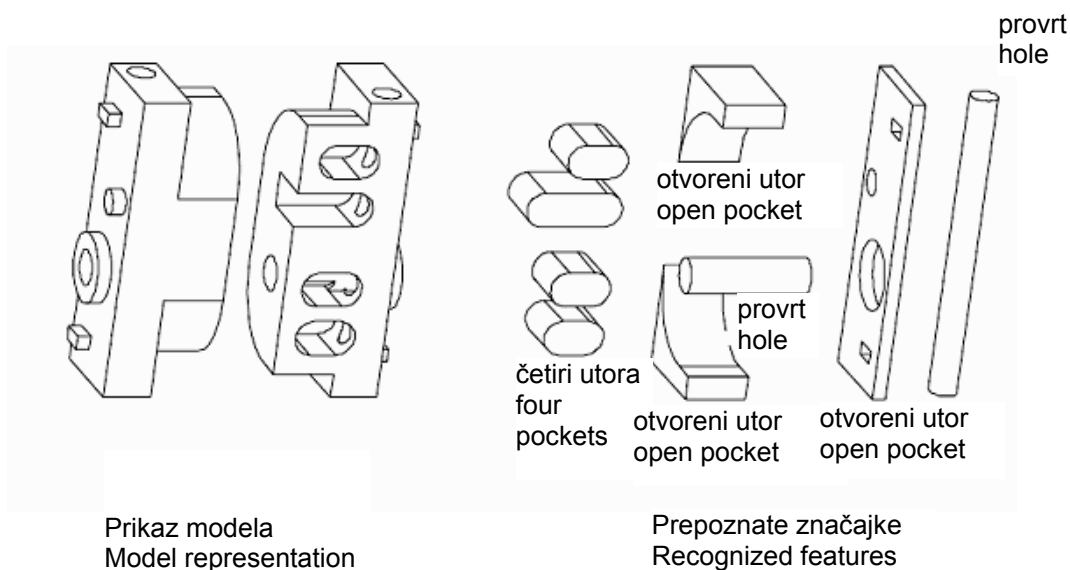
Three ways that do not depend upon the application have been developed to determine features in a product model: feature recognition, design by features or feature based modelling/design, and feature conversion.

2.1. Feature Recognition

The first method used for features identification in a model is feature recognition. Feature recognition is derived from geometrical models of a product. Geometrical model shape is recognized as a feature that can be used for further model design, e.g. the hole recognition of the geometrical model, as the feature that can be obtained by machining. Feature recognition is mainly used in CAPP systems (Computer Aided Process Planning), but in general, it may also be a part of CAD functionality. In Figure 1 an example of feature recognition of the model is presented [4].

2.2. Design by Features

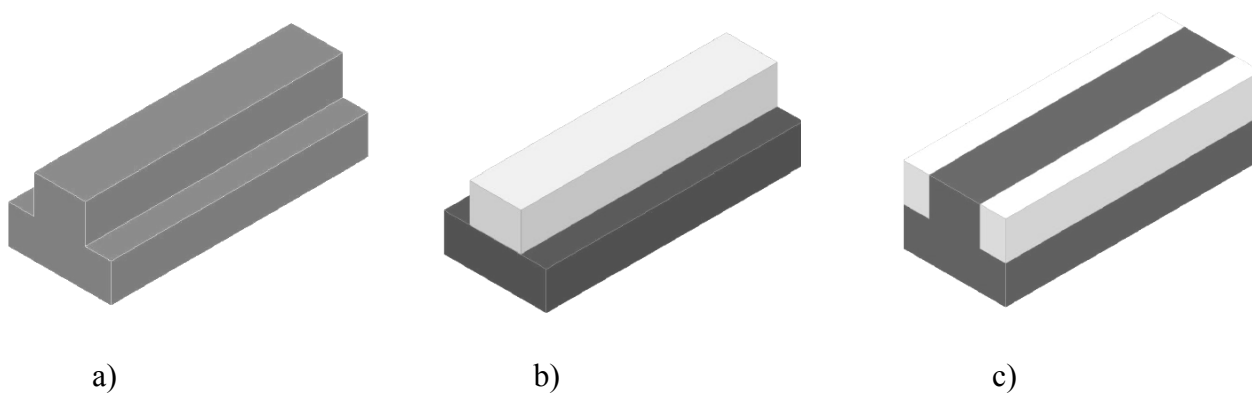
Design by features enables the product model to be built by using the features. Either one can start either with a more or less complete geometrical model and define form features on it, or one can start from scratch by combining form features from a library. The form feature relates to the conveniently defined shape makro. Design with pre-defined form features can reduce the number of input commands substantially, which is especially advantageous in re-design. The parametric representation of features provides an efficient way to change features with respect to their dimensions. The user can define its own feature and store it in the application library for further implementation. With this way of modelling, features may or may not have the possibility



Slika 1. Prepoznavanje značajki modela
Figure 1. Feature recognition of the model

možu, ali i ne moraju imati mogućnost obrade odvajanjem čestica, npr. modeliranje oduzimanjem značajki ima mogućnost takve izrade za razliku od modeliranja dodavanjem značajki. Stoga kod modeliranja modela značajke mogu biti pozitivne i negativne (tj. mogu se dodavati ili oduzimati modelu). Kada je potrebna obrada odvajanjem čestica, značajke mogu biti samo negativne (modelu možemo samo oduzimati značajke, npr. bušenje provrta). Pridruživanje značajki modelu odvija se pomoću Booleovih operacija. Mnogi programi imaju značajke koje su već definirane za proizvodnju, proizvodne značajke (*Manufacturing Features*); takve značajke možemo samo oduzimati modelu i kod njih nije potrebno prepoznavanje značajki. Za dio prikazan na Sl. 2a dani su primjeri modeliranja dodavanjem (Sl. 2b) i oduzimanjem značajki (Sl. 2c).

of machining, e.g. modelling by subtraction of features provides the possibility of machining, in contrast with design by adding a feature. Therefore, during the modelling of the model features can be both positive and negative (i.e. they can be added to or subtracted from the model). In case when machining is necessary, features can be only negative (they can only be subtracted from the model, e.g. hole drilling). The adding or subtracting of features to a model is always carried out using Boolean operations. Many software packages come with a library of already defined features intended for the manufacturing process (*Manufacturing Features*); these types of features can only be subtracted from the model and they do not require feature recognition. For the part in Fig. 2a, the examples of modelling by adding (Fig. 2b) and by subtracting the features (Fig. 2c) are shown.



Slika 2. Modeliranje dijela (a) dodavanjem značajke (b) i oduzimanjem značajki (c)
Figure 2. Part modelling (a) by adding (b) and by subtracting feature(s) (c)

Prvi je način modeliranja (Sl. 2b) dodavanjem izdanka kao značajke. Tim je načinom modeliranja zadovoljen geometrijski oblik modela, ali je nemoguće izraditi model obradom skidanjem čestica. Drugi je izbor oduzimanje dvaju proreza kao značajke (Sl. 2c), što omogućava izradu modela.

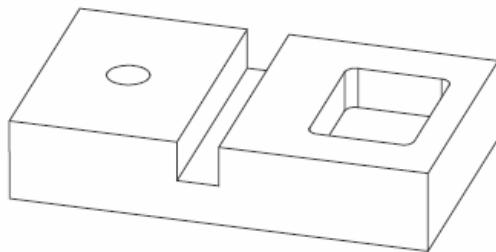
Iz prethodnog primjera vidljiva su dva načina konstruiranja značajkama. Kod prvog načina nije važno dodaju li se značajke modelu ili se od njega oduzimaju, tj. nije važno mogu li se značajke dobiti obradom odvajanjem čestica, već treba zadovoljiti neke druge uvjete, npr. geometrijski oblik modela i funkcionalnost. Taj se način konstruiranja zove konstruiranje sa značajkom oblika (*Design with Form Feature*).

Drugi je način modeliranje samo negativnim značajkama tako da svaka značajka ima mogućnost obrade odvajanjem čestica. Taj način nazivamo konstruiranje s proizvodnom značajkom (*Design with Manufacturing Feature*) (Sl. 3).

Najčešće korištene značajke su: provrti, prorezi i utori kojima su parametarski određene dimenzije, npr. promjer i dubina uvrta. Kod obrade odvajanjem čestica značajki (npr. bušenje uvrta) bitni su i neki drugi uvjeti (promjer svrdla i dubina bušenja). Proizvodne značajke imaju definirano i jedno i drugo.

2.3. Pretvorba značajke

Kako je uvedno spomenuto, i drugi modeli značajki proizvoda koji odgovaraju drugim pogledima, mogu se izvesti pomoću pretvorbe značajke. Stoga se taj način koristi npr. kod proizvodnih primjena kada je potrebno pretvoriti model određen pomoću značajke oblika u model određen pomoću proizvodne značajke (značajku modela koja se ne može izraditi obradom skidanjem čestica pretvara se u proizvodnu značajku). Pretvorba značajke koristi se između različitih korisničkih programa koji koriste konstruiranje značajkom, npr. pretvorba značajki iz programa AutoCAD-a u program Catia. Pretvorba značajke koristi se i za pretvorbu značajke između različitih modula istog korisničkog programa, npr. pretvorba značajke u programskoj opremi



Catia između The first way of modelling (Fig. 2b) adds the rib as a feature. This way of modelling satisfies the geometrical shape of the model but makes the machining process impossible. Another option would be the subtraction of two slot features (Fig. 2c), which provides for possibility of machining.

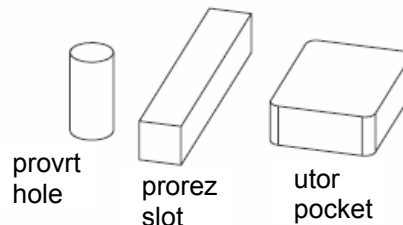
The previous example demonstrates two ways of design by features. With the first method it is not important whether the features were added or subtracted from the model, i.e. whether they can be machined, but some other demands are to be met, e.g. the geometrical shape of the model and the functionality. This way of designing is called 'Design with Form Feature'.

With the second design method, negative features were used to provide the possibility of machining. This design approach is called 'Design with Manufacturing Feature' (Fig. 3).

The most commonly used features are holes, slots and pockets, which are usually parametrically defined, e.g. hole diameter and depth. In the process of feature manufacturing, (e.g. hole drilling) some additional conditions are of importance as well (drill diameter and drilling depth). Manufacturing features have both conditions defined.

2.3. Feature Conversion

Other feature product models that correspond to other views, as previously mentioned, can be derived by feature conversion. Therefore, this method is used in the manufacturing application when it is necessary to convert the model with a form feature into a model with a manufacturing feature (where a feature not having the possibility for machining is converted into a manufacturing one). Feature conversion is used among different software, which use design by feature, e.g. feature conversion between AutoCAD and Catia. Feature conversion is used for feature conversion between different modules of single software, e.g. feature conversion in the software Catia between modules Part



Slika 3. Najčešće proizvodne značajke

Figure 3. The most often manufacturing features

modula *Part Design* i *Assembly Design* ili *Machining Design*.

Pretvorba značajke relativno je nova tehnika, na kojoj se temelje sustavi modeliranja više pogleda na značajku.

U poglavljima koja slijede pozornost je potpuno posvećena konstruiranju značajkama.

3. SUSTAVI ZA MODELIRANJE POMOĆU ZNAČAJKE

Veoma je teško razviti općenitu klasifikaciju značajki, premda se tom razvoju posvećuje stalna pozornost. Stoga je važno da se nove vrste značajki lako mogu uvesti u sustav modeliranja pomoću značajke.

Sva svojstva vrste značajke specificirana su u odgovarajućem razredu značajke, koji definira predložak za sve njezine instance. To uvijek uključuje generički oblik značajke i broj parametara koji je karakteriziraju. Korisnik može kreirati instancu razreda značajke iz knjižnice tako da specificira vrijednosti parametara. Instanca značajke normalno je priključena drugim značajkama u modelu.

Model značajke obično je prikazan grafom i geometrijskim modelom rezultirajućeg oblika. Graf sadrži sve instance značajke s njihovim oblikom, ograničenjima i relacijama priključka te svim dodatnim ograničenjima [5]. Geometrijski model može biti rubni prikaz, ali također i složeniji prikaz koji je prikladniji za napredne mogućnosti [6].

Najviše sadašnjih sustava za modeliranje pomoću značajke imaju određene nedostatke kao što su sljedeći: značajke su samo vrsta makrooblika, postoji samo jedan model značajke proizvoda, ograničene su mogućnosti suradnje pri modeliranju i ograničena je domena oblika.

3.1. Semantičko modeliranje značajke

Kako je značajka samo vrsta makrooblika, a budući da oni sebe očituju kao značajke u korisničkom sučelju, u modelu proizvoda pohranjena je samo geometrija koja rezultira u vrijeme kreiranja značajke. Takvi su sustavi samo unaprijeđeni sustavi za geometrijsko modeliranje. Drugi sustavi pohranjuju neke informacije o značajkama u modelu proizvoda, ali te informacije nisu pravilno provjerene da bi se osiguralo da je značenje svih značajki prikladno održano za vrijeme procesa modeliranja. To je pitanje značenja, semantike značajke; npr. provrt se može prevoriti u vrt prekrivajući jedan otvor provrta s rebrom za ukrućenje, a da sustav ne uoči tu promjenu (Sl. 4). Iako je to geometrijski točno, semantika značajke je promijenjena [7].

Idealno, sve uvjete ispravnosti značajki, tj. njihovu semantiku sustav treba provjeriti nakon svake operacije pri modeliranju. Ako neki uvjet ispravnosti više nije ispunjen, to sustav treba zabilježiti tako da korisnik može to riješiti. Na tom se pristupu temelji semantičko

Design and Assembly Design or Machining Design.

Feature conversion is a relatively new technique and multiple – view feature modelling systems are based on it.

In the chapters that follow attention is devoted mainly to design by features.

3. FEATURE MODELLING SYSTEMS

It is very difficult to develop a complete classification of features, although constant attention is devoted to this. It is therefore important that new types of features can be easily involved in a feature modelling system.

All properties of a feature type are specified in the corresponding feature class that defines a template for all its instances. A feature generic shape and a number of parameters characterising this shape are always included. The user can define an instance of a feature class by specifying the values of the parameters. The feature instance is normally attached to other features in the model.

A feature model is usually represented by a graph and a geometrical model of the resulting shape. A graph contains all feature instances with their shape, constraints and attachment relations, and all additional constraints [5]. A geometrical model can be a boundary representation, but also a more extended representation that is more suitable for advanced facilities [6].

The most current feature modelling systems have certain shortcomings such as the following: features that are only a kind of macro shape, the existence of only one feature model of a product, facilities for collaborative modelling that are limited as well as limitation of the shape domain.

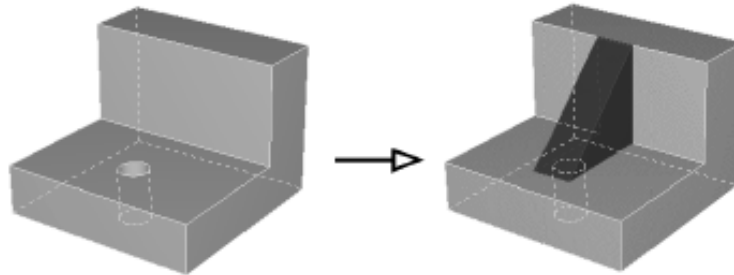
3.1. Semantic Feature Modelling

As the feature is only a kind of macro shape, and because they manifest themselves as features at the user interface, a product model stores only the geometry resulting at the time of feature creation. Such systems are just advanced geometrical modelling systems. Other systems store some information about features in a product model, but this information is not properly checked to assure that the semantics of all features is conveniently maintained during the modelling process. This is the question of a feature meaning, semantics; e.g. a through hole can be turned into a blind hole by blocking one opening with the stiffener, but the system does not recognise it (Fig. 4). Although it is geometrically correct, the feature semantics were changed [7].

Ideally, all validity conditions of features i.e. their semantics, system should be checked after each modelling operation. If a certain validity condition is not longer fulfilled, a system should record it, so that a user can solve it. Semantic feature modelling is based upon

modeliranje značajke (*Semantic Feature Modelling*). Karakteristika tog pristupa je održavanje jednom u modelu obuhvaćene nakane konstrukcije.

this approach. The characteristic of this approach is the maintenance of comprehensive design intent once it has been captured in the model.



Slika 4. Promjena značenja značajke s operacijom modeliranja
Figure 4. The change of feature semantics through the modelling operation

Ta viša razina u odnosu na unaprijedeno geometrijsko modeliranje, uključuje specifikaciju značenja značajki u njihovim odnosnim razredima.

Specifikacija uvjeta ispravnosti (*Validity Conditions*) u razredu značajke može se klasificirati u dvije kategorije tj. kao geometrijski i topološki. Za oboje se koriste ograničenja koja su članovi razreda značajke i stoga automatski održavani sa svakom novom instancom značajke. Geometrija značajke može se ograničiti geometrijskim, dimenzijskim ili algebarskim (izrazom) ograničenjima.

Za topološke uvjete ispravnosti koriste se dvije vrste: rubni uvjeti i uvjeti interakcije.

Održavanje ispravnosti modela značajke (*Feature Model Validity Maintenance*) je proces praćenja svake operacije pri modeliranju da bi se osiguralo da sve instance još uvijek odgovaraju kriterijima ispravnosti koji su za njih specificirani. Temeljna je zamisao o održavanju ispravnosti modela, kako bi se operacija modeliranja smatrala valjanom, da ona u potpunosti treba zadržati i nakanu konstrukcije specificiranu sa značajkama, kao i ograničenja modela [7].

3.2. Modeliranje više pogleda na značajku

Mnogi sustavi rade s jednim modelom značajke proizvoda, koji se može nazvati pogled na konstrukciju. Višestruki, integrirani pogledi na proizvod nisu dostupni. Ako je potreban drugi pogled na proizvod, npr. za primjenu pri tehnološkom projektiranju proizvodnje, taj pogled treba biti izveden posebnim modulom za prepoznavanje ili pretvorbu značajke – novi pogled pritom nije integriran s pogledom pri konstruiranju.

Za upravljanje životnim vijekom proizvoda važan je zahtjev (PLM, *Product Lifecycle Management*) da konstruktor u bilo kojoj fazi razvoja proizvoda može raditi s informacijama koje su relevantne za tu fazu, a da pritom nije zaokupljen informacijama koje su relevantne samo za druge faze. Sadašnji sustavi za modeliranje

This higher level of modelling, in comparison with advanced geometrical modelling, includes the specification of features semantics in their related classes. The specification of validity conditions in a feature class can be classified into two categories i.e. as geometrical and topological. For both, constraints are used that are members of the feature class and are therefore automatically instantiated with each new feature instance. The geometry of a feature can be constrained by geometrical, dimensional and algebraic (expression) constraints.

For topological validity conditions two kinds are used: boundary constraints and interaction constraints.

Feature model validity maintenance is the monitoring process of each modelling operation in order to assure that all feature instances still correspond to validity criteria specified for them. The basic idea of model validity maintenance, in order to consider valid modelling operation, is that it fully preserve the design intent specified with the features, along with the model constraints [7].

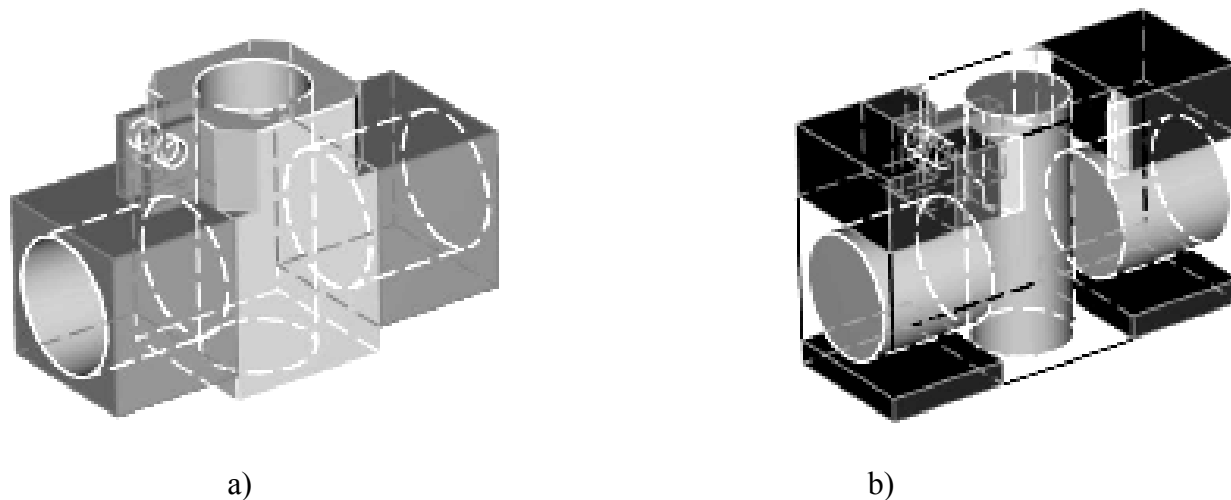
3.2. Multiple – View Feature Modelling

Many systems work with a single product feature model that can be called the design view. Multiple, integrated views on a product are not available. If another view on a product is needed, e.g. for a manufacturing planning process, this view has to be derived by special feature recognition or a conversion module, and the new view is not integrated with the design view.

An important requirement for Product Lifecycle Management (PLM) is that a designer working in any product development phase can work with information that is relevant to that phase, without being diverted by information that is relevant for other phases only. The current feature modelling systems do not support this

pomoću značajke ne podupiru to na odgovarajući način. Neki sustavi imaju specifične modele za različite faze razvoja, ali ti modeli nisu dobro integrirani. Drugi sustavi integriraju informacije za npr. konstruiranje sklopa i detaljno konstruiranje dijela, ali ti sustavi nemaju specifične modele za te faze razvoja.

adequately. Some systems have specific models for different development phases, but these models are not integrated well. Other systems do integrate information for, e.g. assembly design and part detail design, but these systems do not have specific models for these development phases.



Slika 5. Pogled na dio za detaljno konstruiranje dijela (a) i za planiranje proizvodnje dijela (b)
Figure 5. Part detail design view (a) and part manufacturing planning view (b) on a part

Modeliranje više pogleda na značajku (*Multiple-View Feature Modelling*) dodjeljuje zaseban pogled na proizvod za svaku fazu razvoja i integrira sve poglede. Svaki pogled sadrži model značajke proizvoda specifičan za primjenu. Budući da modeli značajke svih pogleda predstavljaju isti proizvod, oni moraju biti dosljedni.

U početku je modeliranje više pogleda na značajku [8, 9] imalo dva glavna nedostatka. Pristupi su usmjereni na kasnije faze razvoja proizvoda u kojima je geometrija proizvoda potpuno definirana, te se stoga ne može primijeniti u ranim fazama kao što je konceptijsko konstruiranje. Drugi je nedostatak da ti pristupi rade samo s jednim dijelom, dok se stvarni proizvod rijetko sastoji od jednog dijela.

Da bi se uklonili ti nedostaci te stoga bolje obuhvatio koncept PLM, razvijeno je modeliranje više pogleda na značajku koje podupire više faza razvoja proizvoda, posebno konceptijsko konstruiranje, konstruiranje sklopa, detaljno konstruiranje dijela i planiranje proizvodnje dijela [10]. Na Sl. 6 prikazan je pogled na dio za detaljno konstruiranje dijela (Sl. 5a) i pogled za planiranje proizvodnje dijela (Sl. 5b), [5].

3.3. Kolaborativno modeliranje značajke

Uz prethodno navedeno, sljedeći je važan zahtjev za PLM da proizvod može modelirati nekoliko konstruktora u suradnji. Kolaborativni sustavi modeliranja (*Collaborative Modelling Systems*) su višekorisnički distribuirani sustavi koji podupiru inženjerske timove u

Multiple-view feature modelling provides its own product view for each development phase and integrates all views. Each view embraces a form feature model specific for the application. Since the feature models of all views represent the same product, they have to be kept consistent.

In the beginning, multiple-view feature modelling [8,9] has two main shortcomings. The approaches are focused on the later product development phases in which the product geometry is defined, and therefore it is not applicable to earlier phases such as conceptual design. The second shortcoming is that these approaches manage with a single part, but real products rarely consist of a single part.

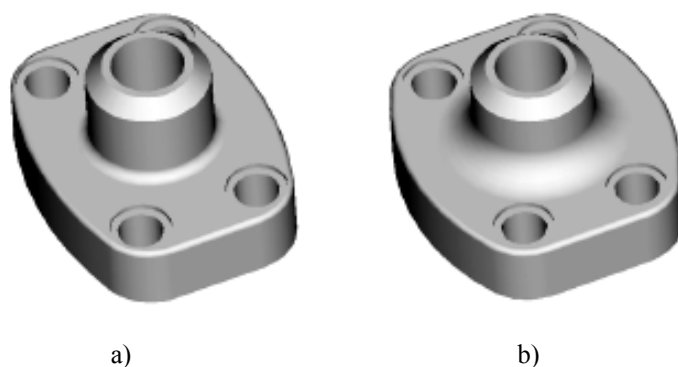
In order to eliminate these shortcomings and therefore to fulfil a better PLM concept, multiple-view feature modelling has been developed, supporting more product development phases, especially conceptual design, assembly design, part detail design and part manufacturing planning [10]. Fig. 6 presents part detail design view (Fig. 5a) and part manufacturing planning view (Fig. 5b) on a part [5].

3.3. Collaborative Feature Modelling

In addition to the aforementioned, another important requirement for PLM is that several designers can collaboratively model a product. Collaborative modelling systems are distributed multiple - user systems that support engineering teams in valuable assistance for

koordiniranju njihovih aktivnosti modeliranja. Međutim takvi su alati primarno usmjereni na nadzor, oni su vrijedna pomoć za timski rad, ali ne i stvarni sustavi za modeliranje [5]. Razvijen je stoga prototip sustava za kolaborativno modeliranje značajke koji korisnicima nudi napredne mogućnosti modeliranja značajke, dok im istodobno omogućava potrebne mehanizme koordinacije za potporu efikasnoj suradnji [12].

co-ordinating their modelling activities. However, such tools are primarily focused on inspection, they are teamwork, but not real systems for modelling [5]. Therefore, a prototype collaborative feature modelling system has been developed that offers advanced feature modelling facilities to the users, while at the same providing them with the necessary co-ordination mechanisms for supporting an effective collaboration [12].



Slika 6. Primjer varijacije modela značajke slobodnog oblika, standardni model (a) i model različitih vrijednosti parametra za neke značajke (b)

Figure 6. The example of freeform feature model variations, standard model (a), and model with different parameter values of some features

3.4. Modeliranje pomoću značajke slobodnog oblika

Karakteristika je gotovo svih sadašnjih sustava za modeliranje pomoću značajke da se mogu koristiti samo jednostavne značajke tj. značajke regularnih oblika i jednostavne značajke slobodnog oblika, dok proizvodi često sadrže složenije slobodne oblike. Modeliranje značajke s proširenom domenom na slobodne oblike je modeliranje pomoću značajke slobodnog oblika (*Freeform Feature Modelling*). Značajke slobodnog oblika mogu se definirati na sličan način kao i jednostavne značajke; one još uvijek odgovaraju generičkim oblicima, ali za oblike postoji više slobode pri modeliranju. Pri tome treba razlikovati plošne značajke slobodnog oblika i volumenske značajke slobodnog oblika [5].

Plošne značajke slobodnog oblika sastoje se od jedne ili više plošnih krpica slobodnog oblika, i mogu se koristiti za modeliranje tankih dijelova kao što su npr. tijela automobila. Volumenske značajke slobodnog oblika sastoje se od volumena ograničenog setom ploha slobodnog oblika, i mogu se koristiti za modeliranje volumenskih dijelova s plohama slobodnog oblika.

Definicija razreda značajke slobodnog oblika mnogo je složenija u odnosu na jednostavne značajke. Zbog velike domene oblika značajki slobodnog oblika nemoguće je unaprijed definirati sve razrede značajke u kontekstu modeliranja pomoću značajke slobodnog oblika. Stoga je

3.4. Freeform Feature Modelling

A characteristic of almost all current feature modelling systems is that they use simple features i.e. regular shaped features and simple freeform features, while products often contain more complex freeform shapes. Feature modelling with a shape domain extended to such freeform shapes is freeform feature modelling. Freeform features can be defined in a similar way as simple features; they still correspond to generic shapes but there is more modelling freedom for the shapes. It is necessary to distinguish freeform surface features and freeform volumetric features [5].

Freeform surface features consist of one or more freeform surface patches, and can be used for modelling thin parts, such as e.g. car bodies. Freeform volumetric features consist of a volume bounded by a set of freeform faces, and can be used for the modelling of volumetric parts with freeform faces.

In relation to simple features, the definition of a freeform feature class is more complicated. It is impossible to define in advance all feature classes in the context of freeform feature modelling, due to the large shape domain značajkeof freeform features. Therefore it is very important that new user defined feature classes be created [13, 14].

vrlo važno da se mogu kreirati novi korisnički definirani razredi značajke [13, 14]. U modelu se opet mogu kreirati instance određujući vrijednosti parametara, ali je njihovo „priključivanje“ drugim značajkama složenije nego kod značajke regularnog oblika.

Na Sl. 6 prikazana su dva modela značajke slobodnog oblika različitih vrijednosti parametara za neke značajke [7].

Mnogo koncepata koji se tiču jednostavnih značajki može se preslikati na značajke slobodnog oblika, ali istraživanje modeliranja pomoću značajke slobodnog oblika još je u početnoj fazi i fokusirano na neka pitanja koja treba riješiti. Slabo je istražena ideja da se svojstva koja odgovaraju funkcijskoj informaciji mogu uključiti u razrede značajke slobodnog oblika i u modele značajke slobodnog oblika pomoću uvjeta ispravnosti, te da su ta svojstva održana za vrijeme cijelog procesa modeliranja. Predloženo je nekoliko metoda za prepoznavanje značajke slobodnog oblika [15], ali istraživanja još nisu obuhvatila pretvorbu značajke i modeliranje više pogleda na značajku. Stoga treba osigurati potpunije i općenitije metode.

4. ZAKLJUČAK

Modeliranje pomoću značajke bitno je promijenilo način na koji inženjer definira geometriju konstrukcije i omogućilo proizvode više razine točnosti, kreiranje više alternativa konstrukcije, procjenu izvedivosti tih alternativa eliminiranjem potrebe za fizičkim prototipom i rukovanje ciklusom razvoja proizvoda kao cjelinom.

Sadašnji sustavi za modeliranje značajki još uvijek imaju veće nedostatke koje treba u potpunosti istražiti i tako razviti modeliranje pomoću značajke u još atraktivniji način modeliranja proizvoda.

LITERATURA REFERENCES

- [1] Parry - Barwick, S., Bowyer, A.: *Feature Technology*, University of Bath School of Mechanical Engineering, Technical Report 001/1993
- [2] Bronsvort, W. F., Jansen, F. W.: *Feature Modeling and Conversion - Key Concepts to Engineering*, Computers in Industry, Vol. 21 (1993), No. 1, pp. 61-68.
- [3] Shah, J. J., Mäntylä, M.: *Parametric and Feature - Based CAD / CAM - Concepts, Techniques and Applications*, John Wiley&Sons, New York, 1995
- [4] Han, J. H.: *Survey of Feature Research*, Institute for Robotics and Intelligent Systems, Technical Report IRIS-96-346, 1996
- [5] Bronsvort, W. F., Bidarra, R., Nyirenda, P. J.: *Developments in Feature Modelling*, Computer - Aided Design & Applicatins, Vol. 3 (2006), No. 5, pp. 655-664

Instances in a model can be repeatedly created by determining the parameter values, but their «attachment» to other features is more complicated in relation to the regular shape feature. In Fig. 6 are shown two freeform feature models with different parameter values for some features [7].

Many concepts concerning simple features can be mapped to freeform features, but the research on freeform feature modelling is still in its preliminary stage and focused on some questions that have to be solved. Imperative is further investigation into the idea that properties corresponding to functional information can be included in freeform feature classes and in freeform feature models by validity conditions, and that these properties are maintained during the entire modelling process.

Several methods have been proposed for freeform feature recognition [15], but the research into this area has not yet embraced feature conversion and multiple-view feature modelling. Therefore, more complete and general methods have to be provided.

4. CONCLUSION

Feature modelling has essentially changed the way an engineer defines geometry of design and it has enabled products of a higher precision level, the creation of more design alternatives, the prediction of the performance of those alternatives without the need for a physical prototype, and the manipulation with entire product development lifecycle.

The current feature modelling systems still have major shortcomings that have to be completely explored, in order to develop feature modelling into a more attractive way of a product modelling.

- [6] Bidarra, R., de Kraker, K. J., Bronsvort, W. F.: *Representation and Management of Feature Information in a Cellular Model*, Computer-Aided Design, Vol. 30 (1998), No. 4, pp. 301-313
- [7] Bronsvort, W. F., van den Berg, E., Bidarra, R., E., Noort, A.: *Essential Developments in Feature Modelling*, CAD / Graphics '2001, Kunming, International Academic Publishers
- [8] Ulrich, K. T., Eppinger, S. D.: *Product Design and Development* (Second Edition), Irwin/McGraw -Hill, Boston, 2000
- [9] De Kraker, K. J., Dohmen, M., Bronsvort, W. F.: *Maintaining Multiple Views in Feature Modelling*, Proceedings of Solid Modelling '97, Fourth Symposium on Solid Modelling and Applications, Atlanta, Hoffmann, 1997, pp. 123-130
- [10] De Martino, T., Falcidieno, B., Hassinger, S.: *Design and Engineering Process Integration through a Multiple View Intermediate Modeller in a Distributed Object - Oriented System*

- Environment*, Computer - Aided Design, Vol. 30 (1998), No. 6, pp. 437-452
- [11] Bronsvoort, W. F., Noort, A.: *Multiple - View Feature Modelling for Integral Product Development*, Computer - Aided Design, Vol. 36 (2004), No. 10, pp. 929-946
- [12] Bidarra, R., Kranendonk, N., Noort, A., Bronsvoort, W. F.: *A Collaborative Framework for Integrated Part and Assembly Modeling*, Journal of Computing and Information Science in Engineering, Vol. 2 (2002), No. 4, pp. 256-264
- [13] van den Berg, E., van der Meiden, H. A., Bronsvoort, W. F.: *Specification of Freeform Features*, Proceedings of the Eight ACM Symposium on Solid Modeling and Applications, Seattle, 2003, pp. 56-64
- [14] Nyirenda, P. J., Bronsvoort, W. F., Langerak, T.R., Song, Y., Vergeest, J. S. M.: *A Generic Taxonomy for Defining Freeform Feature Classes*, Computer -Aided Design and Applications, Vol. 2 (2005), Nos. 1-4, pp. 497-506
- [15] van den Berg, E., Bronvoort, W. F., Vergeest, J. S.M.: *Freeform Feature Modeling: Concepts and Prospects*, Computers in Industry, Vol. 49 (2002), No. 2, pp. 217-233

Primljeno / Recived: 16.2.2008

Prihvaćeno / Accepted: 12.6.2008.

Pregledni članak

Subject Review

Adresa autora / Authors' address:

Goran Gregov

Gordana Marunić

Vladimir Glažar

Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci

Vukovarska 58

51000 Rijeka

HRVATSKA

ggregov@riteh.hr

gmarunic@riteh.hr