

YENİLİKÇİ YARATICI PROBLEM ÇÖZME TEKNİĞİNİN (TRIZ) MONTAJ İÇİN TASARIM ALANINA UYGULANMASI

Cihat Ensarioğlu, M. Cemal Çakır, Kadir Çavdar
U.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Görükle 16059 BURSA

Özet

Bu bildiriye, yenilikçi yaratıcı problem çözme tekniği TRIZ'e ait çelişkiler matrisi ile montaj problemlerinin çözümü için kullanılan DFMA yönteminin entegrasyonu ele alınmıştır. Çalışmada, TRIZ'in en önemli yöntemlerinde biri olan çelişkiler matrisi yeniden yorumlanmıştır. Temel TRIZ yaklaşımındaki, "en sık çelişen mühendislik çelişkileri" yerine literatürden yapılan araştırmalarda bulunan teorik ve güncel uygulamalarda karşılaşılan pratik montaj çelişkileri yerleştirilmiştir. Bu çelişkilerin çözümlenmesinde ise DFMA tekniğindeki DFA yönteminin sunduğu çözümler 40 yenilikçi yaratıcı prensip yerine kullanılmıştır. Bu parametreler yerlerine yerleştirilerek tıpkı çelişkiler matrisinde olduğu gibi montaj için çelişkiler matrisi oluşturulmuş, çelişen montaj parametreleri bu çözüm yöntemlerinden uygun olanlarının matrise yerleştirilmesiyle çözüme kavuşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: TRIZ, imalat için tasarım, DFMA

Abstract

In this paper the adaptation of the contradiction matrix that is used by Theory of Inventive Problem Solving Technique (TRIZ) into the field of Design for Assembly (DFA), in order to solve the DFA problems, is investigated.

To achieve this, contradiction matrix was re-arranged and the engineering parameters in TRIZ 's contradiction matrix were replaced by the parameters that result contradictions in assembling processes. The DFA solutions for these contradictions that were gathered from the literature and by many personal communications were input to the matrix and the link between the 40 assembling parameters was formed. The main task in re-arranging the contradiction matrix was to find out the most relevant parameters that the solution was related and to establish the link between the parameters. It is possibly to generate solutions to many assembling problems using this matrix but every step must be taken to complete the matrix and nothing must be left out.

Keywords: TRIZ, design for manufacturing, DFMA

1. Yenilikçi Yaratıcı Problem Çözme Tekniği TRIZ

TRIZ'in temeli olan en önemli kavramları kuran kişi mühendislik kökenli bir patent inceleycisi olan Genrikh Altshuller'dir. TRIZ'in en önemli araçlardan bir tanesi "çelişkiler matrisi"dir. Çelişkiler matrisi metodunda en sık karşılaşılan 39 mühendislik probleminin 40 yenilikçi yaratıcı prensip kullanılarak çözülmesi prensibi ele alınmaktadır.

TRIZ araçlarından bir diğeri de "madde-alan analizi ve 76 standart çözüm"dür. Madde-alan analizi TRIZ'in mevcut teknik sistemlerle ilgili problemlerinin modellenmesinde kullanılan analitik bir araç ve simgesel bir gösterim dilidir. 76 standart çözüm 1975-1985 tarihleri arasında G.S.Altshuller ve diğeri TRIZ uzmanları tarafından derlenen TRIZ standart çözümleri madde-alan analizi yöntemiyle önceden modeli belirlenen özgün tipte bir problemin çözümünde sıkça kullanılan çözümlere erişmemizi sağlayan bir bilgi-tabanı aracı ve yöntemidir.

40 yenilikçi prensip teknik çelişkilerin çözümünde etkin sonuçlar ortaya koyabilmektedir. Ancak fiziksel çelişkiler söz konusu olduğunda yetersiz kalmaktadır. Fiziksel çelişkilerin varlığının bulgulanmasından itibaren TRIZ uzmanları bu tür çelişkilerin çözümlenmesi için ek prensipler geliştirmeye başlamışlardır. Ayrım prensibi bunlardan biridir.

TRIZ'in tasarımcıların hizmetine sunulan önemli bilgi-tabanı araçlarından biri de "etkiler"dir. Altshuller patent incelemeleri sırasında bazı patentlerde daha önce hiç kullanılmamış fiziksel ya da diğeri disiplinlerin alanına giren özel etkilerin kullanılmasıyla çözüme gidildiğini ve son derece etkin çözümler elde edildiğini saptamıştır. Yenilikçi çözümler sıklıkla o teknoloji alanında daha önce uygulanmamış olan doğal fenomenlerin kullanılmasıyla elde edilmiştir. Bu bilimsel bilginin kullanılması, karmaşık ve güvenilmeyen tasarımlara zorunlu kalmadan daha basit çözümlere erişilmesini sağlayabilir.

TRIZ'in problem çözümünde kullandığı bir araç da "kaynaklar" aracıdır. TRIZ'de kaynak denildiğinde, sistemin kendisinde ya da çevresinde kullanılabilir durumda olan herhangi bir madde, enerji rezervleri, herhangi bir işlevin yerine getirilmesinde kullanılmayan atıl zaman, işgal edilmemiş uzay ya da hacim, enformasyon anlamlarına gelebilmektedir. Bu araç sistemin kendisine ya da çalıştığı ortamda var olan bütün olanakların sistem sorunlarının çözülmesi için kullanıma alınması yaklaşımına dayanmaktadır.

TRIZ'in problem çözümünde kullandığı bir diğeri araç da "operatörler" sistemidir. Bu araç belirli bir dereceye kadar geliştirilmesi 90'lardan sonra Amerika'da çalışan Rus kökenli TRIZ uzmanlarının çalışmalarıyla gerçekleşmiştir. Ancak operatörler sistemi ile ilgili ilk önemli çalışmalar Sovyetler'in son dönemlerinde, 80'lerde Rusya'da gerçekleştirilmiştir. TRIZ bilgi-tabanı araçlarının entegre edilmesi için çeşitli girişimlerde bulunulması böylece operatörler sisteminin ortaya çıkmasının sağlanması mümkün olmuştur. Burada operatör sorun çözmede belirli bir işleri yerine getiren bir bileşen olarak düşünülmektedir. Bu aracın geliştirilmesindeki hedef TRIZ'in daha alt derecedeki bilgi-tabanlarını da, yani 40 yenilikçi prensip, standart çözümler, v.b.'yi de dahil ederek TRIZ araçlarında bütünleşme oluşturmaktır.

TRIZ'in öngörüsül hata belirleme yöntemi ya da literatürde kullanılan kısaltmasıyla AFD (Anticipatory Failure Determination) aracı TRIZ araçlarından en önemlilerinden biridir. Batıda oldukça kabul görmüş olan ve aynı amaca hizmet eden FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) ya da HOA (Hazard and Operability Analysis) gibi geleneksel tekniklerle arasında önemli benzerlikler vardır. Bu yöntemlerde verilen bir hata için, hatanın etkisi, ortaya çıkma olasılığı ve oluştuğunda belirlenme şansı gibi analizler yapılır. Bunlar belirlendikten sonra bir risk hesabı gerçekleştirilir. Eğer bu risk göze alınamayacak kadar fazla ise, tasarımda değişikliklere gidilebilmektedir.

Souchkov [1], genel TRIZ kavramları ve araçlarını tanıtan çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmada, bilgi tabanı ve kullanılabilirlik anlamında en gelişmiş TRIZ aracı olduğunu ileri sürdükleri operatörler sisteminin üzerinde durulmaktadır. Ayrıca, bir sorunun ortaya konma şeklinin bazen başarıya giden direkt yol olduğu yaklaşımından hareketle, bilgi tabanı problem formülasyonu araçlarının geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymuşlardır.

Royzen [2], TRIZ 'in yeni nesil teknoloji ve ürünlerin geliştirilmesindeki kullanımları üzerine araştırmalar yapmıştır. TRIZ'in teknik problemlerin teşhisi aşamasında eksik kaldığını düşünmüş ve fonksiyon analizi (VE – Value Engineering) yöntemlerinin bu aşamada yararlı

olabileceğini öne sürmüştür. Bu amaçla madde-alan analizinin gelişmiş bir hali olan TOP (Tool-Object-Product) analizi yaklaşımını geliştirmiştir.

Mann ve Dewulf [3], TRIZ'in güncellenmesi için çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalar gerçekleştirilirken 1985-2002 yıllarında alınmış yüzelli bin kadar patentin incelenmesinden yola çıkmıştır. Elde ettikleri sonuçları çalıştıkları CREAX firmasının TRIZ Buluş Bilgi Tabanına ekleyerek değerlendirmişlerdir.

2. Montaj için Tasarım (DFA, Design for Assembly)

Bütün başarılı tasarım metotlarında olduğu gibi montajda da hangi faktörlerin montaj metotlarına bağlı olduğunun, hangi faktörlerin tüm montaj yöntemlerinde ortak olduğunun ve de hangilerinin montaj yöntemlerine has olduğunun bilinmesi çok önemlidir. Bu nedenle montaj uyumsuzlukları ve öncelikleri en iyi çalışma şeklini belirtecek şekilde tanımlanmalıdır. Herhangi bir ürün için yapılan çalışmalarda ilk ele alınacak özelliğin montajın fonksiyonelliği sağlaması, ikincisinin ise maliyeti düşürmek olması gerektiği söylenebilir. Burada fonksiyonellik gerçekleştirilebilirlik, kalite, v.b. açılardan en geniş anlamda ele alınmaktadır ve ihmal edilmesi söz konusu değildir. Buna ek olarak iyi bir DFA çözümü için, çözümün maliyet açısından uygun da gerekmektedir.

Montaj işlemleri basitçe elle ve otomatik olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Uygulamada bazı önemli montaj faktörleri mevcuttur. Bunlardan birinci grup montaj işlem ve metotlarından bağımsız olan, ancak iyi DFA'e ihtiyaç duyan montaj faktörleridir. Bir diğer grup ise montaj yönteminden bağımsız olan ürün tasarımı faktörleridir, ancak bunlar montaj metotlarına bağlıdır. Bunlara örnek olarak sıra ve hat montajlarını, senkronize ve senkronize olmayan sistemleri, durdurma makinelerini, tekrarlı çalışma stratejilerini gösterebiliriz. Ayrıca üç basit montaj metodun dahil olduğu ve ürün tasarımının bu montaj metotlarına bağlı olduğu faktörler de vardır. Burada metotlar, tek işlevli donanımla yapılan montaj ve birden çok işlevli donanımla yapılan montaj olarak sınıflandırılabilir. Bu metotlar için ürün tasarımında dikkate alınması gerekenler ise bu prosedürlere ortak faktörler ve metotlara özel faktörlerdir.

Montajın hedefleri şu şekilde listelenebilir:

- Belli sayıdaki objenin bir araya getirilmesi ve bunların birbirlerine mantıklı ilişkisellekle bağlanması.
- Tasarım ile konulan sınırlamalarla, bu görevlerin sıralamalarının nihai hedeften minimum şaşmaya sebep olacak şekilde olması.
- Maliyetin en aza indirgenmesi, başarısızlık halinde yine maliyetin en aza indirilmesi için çaba gösterilmesi veya başarısızlığın en azından belli parçalara bölünmesiyle maliyetin azaltılması.

Bu hedeflerde bahsedilen "başarı" ve "başarısızlık" terimlerinin tanımlanması gerekmektedir. Başarı kısaca, önceden tanımlanan görevlerin her hangi bir terslik olmaksızın gerçekleştirilmesi olarak özetlenebilir. Kısmi başarı veya kısmi başarısızlık için tamamlanabileceği kısımda, ekonomik olarak bir iyileştirmenin olabilmesi durumu olarak tanımlanabilir. Başarısızlık ise başarısızlık noktasının değerinin iyileştirme maliyetinden daha büyük olmasından dolayı, emeğin ve paranın kaybedilme sonucudur.

Stone ve ark. [4], kavramsal DFA tekniği kullanarak ürün tasarımı konusunda çalışmalar yapmışlardır. Kullanılan metot kavramsal tasarım fazında DFA tekniğinin kullanılmasını öngörmektedir. Çalışmaları neticesinde ürün tabanlı kavramsal DFA metodunu geliştirmişler, bu tekniği kullanarak ürün geliştirmede yeni yaklaşımlar ortaya koymuşlardır. Bu sayede ürün çevrim zamanının azaltılmasını sağlamışlardır. Aynı zamanda kullanılan montaj parçaları sayısını azaltmayı başarmışlardır.

Chen ve ark. [5], üç aşamalı entegre bir yaklaşım kullanarak montaj planlamasının optimizasyonu üzerinde çalışmışlardır. Yapılan çalışmalar, tasarım aşamasında DFA 'ın basitleştirilmesi üzerine olmuştur. Mevcut ürünlerin manuel ya da otomatik montajı yardımcı üç boyutlu montaj parçalarının DFA kullanılarak yapılan potansiyel uygulamaları birleştirilmiştir.

Greer ve Wood [6], direk ürün gelişimi için kuvvet artışı analizi metodolojisini incelemişlerdir. Kuvvet akışı analizlerinin parça kombinasyonlarının gelişimiyle nasıl sistematik olarak uygulanacağını araştırmışlardır. Parça kombinasyonlarıyla doğal zorlukların bağlı hareket bağlantılarını sınıflandırarak ilişkilendirmişlerdir. Yapılan çalışmalar ile tasarımda evrimleşmenin sistematik geliştirilme aşamalarını analiz etmişlerdir.

Coma ve ark. [7], DFA metodolojisinde geometrik ve şekil unsurlarını tanıma ekipmanları üzerinde çalışmışlardır. Bu konuda bilgisayar tabanlı bir program geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri bu programı kullanarak manuel ve otomatik montaj operasyonlarındaki zaman/maliyet analizlerini DFA gelişimine uygulamışlardır.

Tate ve Jared [8], Bilgisayar destekli tasarımlar kullanarak montaj yönlü tasarımlarda katı modellerdeki simetrikliğin tanınması konusunu DFA metodolojisi kullanarak oluşturma çalışmaları yapmışlardır. Bu yaklaşım montaj analizlerinin gerçekleştirdiği simetri bulma olayının gerçekleştirilmesini sağlamıştır.

3. TRIZ'e DFA Yönteminin Entegrasyonu

Bu çalışmada, yenilikçi yaratıcı problem çözme tekniği olan TRIZ 'in çelişkiler matrisi yöntemi ve montaj için Tasarım metodu olan DFA yöntemi montaj operasyonlarındaki çelişkilerini çözmek için birlikte kullanılmıştır. Tıpkı çelişkiler matrisinde genel mühendislik çelişkilerinin çözümlendiği gibi bu çalışmada da montaj değişkenlerinin oluşturduğu çelişkiler çözümlenmeye çalışılmıştır. TRIZ 'in çelişkiler matrisinde 40 yenilikçi yaratıcı prensip kullanılmakta iken bu çalışmada 70 adet DFA prensibi montaj çelişkilerinin çözümlenmesinde kullanılmıştır. Genel mühendislik değişkenleri 39 adet iken burada montaj değişkenleri sayısı 27 olarak alınmıştır. Dolayısıyla 27x27'lik bir matris oluşturulup DFA çözüm önerileriyle doldurulmaya çalışılmıştır.

Elde edilen her değişkenin, matrise doğrudan yazılıp çelişkilerin bu aşamada belirlenmesi durumunda karşılaşılabilecek karışıklıklar ve meydana gelebilecek yanlışlıkların önüne geçebilmek için farklı bir çalışma yoluna gidilmiştir. Her bir değişken matristen soyutlanarak montaj operasyonundaki diğer değişkenlerin bu değişkenden nasıl etkilendikleri incelenmiştir. Elde edilen bulgularda herhangi bir olumsuz etki söz konusu ise bu problemler DFA yöntemlerinde verilen çözümler ile ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır [9].

3.1 En sık çelişen montaj değişkenleri

Bu bölümde, montaj işlemindeki değişkenler tespit edilmiştir. Bu tespit yapılırken sadece referans literatür kaynaklarından yararlanılmamış, montaj operasyonlarında kullanılan değişkenler hakkında mevcut sanayi tesislerindeki pratik uygulamalar da incelenmiştir.

Yapılan analizler sonucunda toplam 27 adet montaj değişkeni ortaya çıkarılmıştır. Bu montaj değişkenlerinin ilk 4 tanesi ve bunların kısa açıklamaları Tablo 1.'de gösterilmiştir.

Tablo 1. En sık çelişen montaj değişkenleri ve açıklamaları

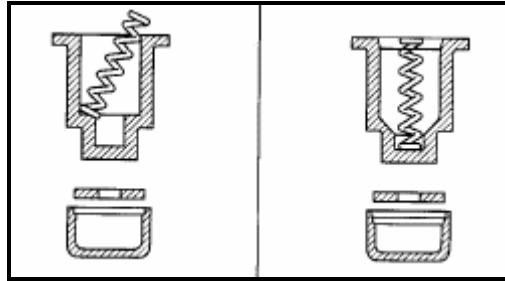
İSİM	AÇIKLAMA
1. Standart Parça Kullanımı	Piyasada belli standartlarda tanımlanmış veya firma içinde halihazırda kullanılan herhangi bir kalıp yada proses yatırımı gerektirmeyen hazır parça.
2. Alt Montaj Sayısı	Ana montaj, oluşturan yarı montajlardır. Yarı montajlar belli yöntemler kullanarak ana montajı meydana getirirler.
3. Parçanın Ağırlığı	Ürünü ya da yarı mamulü oluşturan parçaların toplam ağırlığı.
4. Parçanın Hacmi	Bitmiş ya da yarı mamul ürünün toplam hacmi.

Tablo 1 'de verilen montaj çelişkileri yatay ve düşeyde bir matris oluşturacak şekilde yazılıp, montaj operasyonlarında en çok karşılaşılan değişkenlerin birbirleriyle çeliştikleri konumlarda DFA metodolojileri kullanılmış, elde edilen çözüm önerileri uygulanarak bu çelişkiler çözümlenmeye çalışılmıştır.

3.2 DFA çözüm önerileri

Bu bölümde çok sık karşılaşılan montaj problemleri için DFA yöntemleri kullanılarak, tasarımda değişiklikler yapmak suretiyle belirli çözümler bulunmuştur. Bu çözümler literatür araştırmaları ve günümüzde gerçekleştirilen pratik uygulamaların sentezi yapılarak gruplandırılmıştır. Elde edilen çözüm önerilerinden bir örnek aşağıda verilmiştir:

1. Eğer mümkünse, tutma esnasında karışabilecek veya hasar görebilecek zor tutulur esnek parçaların montajından kaçınılmalıdır. Bu tip montajların engellenmesi söz konusu olmadığı durumlarda tutma olayını kolaylaştırmak için fikstürlere gereksinim duyulmaktadır.



Şekil 1. Tutulması zor montaj parçaları [9]

3.3. Montaj Çelişkilerinin Çözümü için geliştirilen 27 X 27 matris

Referans kaynaklar ile sanayide kullanılan pratik bilgilerin senteziyle bulunan 27 montaj değişkeni 27X27 boyutlarında bir matris oluşturacak şekilde yatay ve dikey yönde yerleştirilmiştir. DFA kullanılarak bulunmuş çözüm önerileri bu değişkenlerin çeliştikleri kesişimlerde çözüm önerisi olarak kullanılmıştır.

Çalışmada ortaya çıkarılan montaj değişkenleri ile oluşturulan matrise çözüm önerilerinin nasıl ve hangi sistematikle yerleştirildiğinin bilinmesi önemlidir. Burada bu sistematığın belirlenmesinde kullanılan yöntemin açıklanabilmesi için herhangi bir montaj değişkeninin durumu incelenmiştir. Burada örnek olarak alınan değişken 3 numaralı montaj değişkeni olan "Montaj Ağırlığı'dır."

Matris oluşturulduktan sonra bu matrisin değişkenlerine göre teker teker açılımının yapılması gerekmektedir. Bunun yapılmasının en büyük sebebi değişkenleri teker teker soyutlayıp, bu değişkenin hangi değişkenler ile çeliştiğinin daha net görülmesinin sağlanmasıdır. Bu yöntemle birlikte çok daha anlaşılır bir çalışma imkanı bulunmuş ve çok sayıda değişkenden dolayı oluşabilecek karışıklık durumu minimuma indirilmiştir.

Yöntem kullanılırken ilk olarak bütün montaj değişkenlerinin isimlerinin, çelişkilerin ve çözüm önerilerinin yazılı olduğu bir etkileşim tablosu tasarlanmıştır. Bu tablolar çelişki ve çözüm önerisiyle doldurulurken montaj konusunda uzun süredir çalışan tecrübeli kişilerden görüşleri alınmıştır. Bu görüşler doğrultusunda çelişkiler ortaya çıkarılmış ve bu çelişkileri giderecek çözüm önerileri sıralanmıştır.

Sorulan sorular ile ortaya çıkan çelişkiler ve bu çelişkileri çözmeye yarayan prensipler teker teker matriste mevcut örneğin satırına yerleştirilmiştir. Böylece 3 numaralı değişkenin çeliştiği değişkenler ile arasındaki çelişkilerin ortadan kaldırılması için çözüm önerileri sunulmuştur. Daha sonra bu işlem geri kalan montaj değişkenleri için de aynen tekrarlanmış ve montaj için çelişkiler matrisi doldurulmuştur.

Matrisin kullanımı çok pratiktir. Yapılacak tasarımda kritik olan montaj değişkeni matriste belirlenmekte ve bu değişkenin çeliştiği diğer değişkenler kolaylıkla tespit edilebilmekte ve dolayısıyla çözüm değerleri okunarak önlemler alınmaktadır.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Montaj yapılabilme kavramı ürünün son aşamasına gelmesinde çok önemlidir. Bu çalışmada, ürün montajı esnasında oluşabilecek problemlerin önceden tespiti ve bu problemlerin sistematik olarak çözülmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Yenilikçi Yaratıcı Problem Çözme Tekniği TRIZ yönteminin, çelişkiler matrisi montaj operasyonlarının iyileştirilmesinde kullanılan Montaj için Tasarım (DFA) ile birleştirilme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

İlk olarak en çok kullanılan montaj değişkenleri belirlenmiş ve bu değişkenlerin birbirleriyle çeliştikleri durumlar tespit edilmiştir. Çelişen bu noktaların ortadan kaldırılması için uygun olan DFA prensipleri çözüm önerisi olarak verilmiştir.

Çalışma özellikle otomotiv sektörü üzerine odaklanmıştır. Elde edilen bulguların diğer sektörlerde uygulanabilirliği göz önüne alınarak çalışmaya derinlik kazandırılması ve daha objektif olarak geniş bir uygulama alanı için geliştirilmesi mümkündür.

Yapılan bu çalışmada elde edilen bilgiler değerlendirilirken montaj konusunda tecrübeli birçok kişiden görüşleri alınmış, bu sayede araştırmanın mümkün olduğunca objektif bir çalışma olması sağlanmıştır. Ancak her ne kadar mümkün olduğunca çok kişinin görüşlerinden faydalanılsa da çalışmada insan unsuruna bağlı olarak birçok subjektif değerlendirmeler de bulunmaktadır.

Çelişkiler matrisi oluşturulurken, birbirleriyle etkileşen montaj değişkenlerinin herhangi bir karışıklığı önleyecek etkileşim formlarından yararlanılmıştır. Matrisi oluşturmada kullanılan etkileşim formları doldurulurken yıllarca montaj konusunda çalışmış kişilerin tecrübeleri göz önüne alınarak meydana getirilmiştir.

Montaj değişkenleri bir matris oluşturacak şekilde yatay ve dikey şekilde yerleştirilmiş ve çelişen noktalarda belirlenen çözüm önerilerinin numaraları yazılmıştır. Bu sayede tasarımcının montaj operasyonunda kullanılacak parçanın tasarımını yaparken ileriki zamanlarda parça özelliklerinin montaja ne gibi etkilerde bulunabileceğini pratik bir şekilde görebilecektir. Tasarımı yapılacak parça ürün montajına olumsuz bir etkide bulunursa bu olumsuzluğun çözümü yapılan

bu matris kullanarak bulunacaktır. Matristeki çözüm önerilerini kullanarak parça daha tasarım evresinde montaja uygun hale getirilecek ve dolayısıyla üretim maliyetlerinde büyük kazanımlar elde edilmesini sağlayacaktır. Çelişkiler matrisinin kullanımı ile ilgili bir örnek Ek 1 'de gösterilmiştir.

Montaj değişkenleri belirlenirken nelerin değişken olacağı üzerinde çok fazla durulmuştur. Gerek teorik gerek pratik bilgiler kullanarak montaj değişkenleri belirlenmiştir. Bu işlemi takiben çeşitli tartışmalar sonucunda montaj değişkenleri arasındaki etkileşimler belirlenmiştir. Bu etkileşimlerden kaynaklanan çelişkileri çözüm öneriyle bağlantı kurulmuştur. Örnek olarak oluşturulan matriste, montaj ağırlığının diğer çelişkileri nasıl etkileyebileceği ele alınmıştır. Matriste, montaj ağırlığı, montaj hacmi, parça sayısı, parça maliyeti, montaj maliyeti gibi birçok değişken ile çelişirken standart parça kullanımı, alt montaj sayısı, yanlış montajın engellenmesi gibi değişkenler ile çelişmemektedir. Ayrıca çelişen unsurlarda, çelişkinin giderilmesi için bir veya birden fazla çözüm önerileri DFA prensipleri kullanılarak bulunan çözüm önerileri olarak sunulmuştur.

Montaj değişkenleri sonraki çalışmalarda daha da arttırılmaya çalışılmalıdır. Çalışmada 140 'a yakın çözüm önerisi bulunmuş, bunlar gruplandırılarak öneri sayısı 70'e düşürülmüştür. Bu önerilere ilave olacak başka öneriler de olabilir.

Montaj değişkenlerinin birbirleriyle olan ilişkisinin daha detaylı incelenip, elde edilen bulguların farklı uygulama örnekleriyle desteklenerek sonuçların farklı yorumlarının yapılması çalışmanın etki alanını genişletecektir.

Bu çalışmada, meydana getirilen montaj çelişkilerinin çözümünde kullanılan matris, montaj değişkenleri ve çözüm önerileri ileride bir bilgisayar yazılımına temel oluşturması amacıyla kullanılabilir. Meydana getirilen teorik bilgiler veri tabanına aktarılıp bu konu ile ilgili bir yazılımın ortaya çıkarılması bu çalışmayı takip edecek çalışmanın amacı olacaktır.

Yapay zeka uygulamaları açısından hazırlanan çelişkiler matrisinin bir kaynak olduğu düşünülmektedir. Yapay zeka tekniklerini kullanan bir bilgisayar programının hazırlanması şu anda izafi olarak vakit alan işlemleri kısaltacak, olası hataları ortadan kaldıracaktır.

5. KAYNAKÇA

- [1] SOUCHKOV, V. 1999. TRIZ: A Systematic Approach to Innovative Design.
- [2] ROYZEN, Z. 1999. Tool, Object, Product (TOP) Function Analysis. TIZCON'99.
- [3] MANN, D. ve S. DEWULF. 2002. Evolutionary Potential in Technical and Business Systems. TRIZ Journal, 2002-06.
- [4] STONE, R. B., D. A. MCADAMS ve V. J. KAYYALETHEKKEL. 2004. A Product Architecture-Based Conceptual DFA Technique. Design Studies, 25:301-325.
- [5] CHEN, R., K. LU ve P. TAI. 2004. Optimizing Assembly Planning Through A Three – Stage Integrated Approach. International Journal of Production Economics, 88:234-256.
- [6] GREER, J. L., K. L. WOOD ve D. D. JENSEN. 2004. Effort Flow Analysis: A Methodology for Directed Product Evolution. Design Studies, 25:193-214.
- [7] COMA, O., C. MASCLE ve P. VERON. 2003. Geometric and Form Feature Recognition Applied to A Design for Assembly Methodology. Computer-Aided Design, 35:1193-1210.
- [8] TATE, S. J. ve G. E. M. JARED. 2003. Recognising Symmetry in Solid Models. Computer-Aided Design, 35:673-692.
- [9] Parlakoğlu F., Yenilikçi ve Yaratıcı Problem Çözme Tekniğinin Montaj için Tasarım Alanına Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 2004.

EK 1 ÇELİŞKİLER MATRİSİ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİNİN BULUNMASI

27x27 ÇELİŞKİLER MATRİSİ DEĞİŞKENLER VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ	
Değişken No:	Değişken İsmi:
1. Değişken No: 11	Montaj Toleranslarının Sağlanabilirliği
2. Değişken No: 16	Bakımda Harcanan Zaman
11 ve 16 nolu Değişkenlerin Çözüm Önerileri:	
Özel montaj ekipmanı kullanılmalıdır. Sıkma-takma olayını çoklu halde yapabilmek için kullanılan fikstür- aparatlar, pozisyonlamaya yardımcı aparatlar bu maddeye örnek teşkil etmektedir[40]	
Kendinden dış açmalı vidalar kullanılmalıdır[25]	

Veri Giriş Ekranı

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
2	90	90	90	90	90	90	45,39,68	39,41,35	49,36,14,19	90	90	90	90	66,1,2,67	90
3	90	90	90	16,5,6,17,68	6,51,5,3,15,13	90	7,16,24	59,49,42,52,68,3,15	53,49,16,23,5,20	36,23,67,3,10,5,20,19	90	90	90	90	5,19,3
4	90	90	5,16,43,12	90	90	90	90	90	90	90	2,42,27,40	90	42,19,3,45,40	42,3,45	90
5	90	45,13,51,44	90	90	90	90	7,43,25,46	49,59,41,43,23,56	24,23,22,3,41,15,25	24,23,19,26,11,27	90	90	90	90	7,41
6	90	90	90	26,29,46,30,11	90	90	7,45,41,14	90	90	90	90	45,69,70,68	90	90	90
7	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	68,57,49	57,4
8	90	90	90	90	90	90	45,52,43,	90	49,57,36,68,15,3,	90	90	90	90	90	58,30,10,
9	90	90	90	90	90	90	13,43,40,49,51,45	13,43,40,49,51,45	90	90	90	90	90	90	40,68
10	40,24,10,26	90	90	90	90	90	29,26,10,40,46	90	90	90	90	46,70,40,13	90	90	90

Oluşturulan Çelişikler Matrisi

A	B	C
1	Eğer mümkünse, tutma esnasında kaçınılabilecek veya hasar görebilecek zor tutulur esnek parçaların montajından kaçınılmalıdır. Bu tip montajların engellenmesi söz konusu olmadığı durumlarda tutma olayını kolaylaştırmak için fikstürlere gereksinim duyulmaktadır.[1]	1
2	Bazı durumlarda, eğer bileşen parçalarda daha geniş toleranslar sağlayabiliyorsa montajda ek parça kullanılabilir.[2]	2
3	Yakalamalı tipte tutucular güvenli değilse, montaj zamanını azaltmak için vidalı bağlamalar yerine bastırılmalı tipte bağlamalar kullanılmalıdır.[3]	3
4	Metal parçaları bir arada tutabilmek için piring yada plastik döküm tercih edilmelidir[4]	4
5	Düşük yoğunluklu hafif malzeme kullanılmalıdır. Montaj üründe fonksiyonelliği etkilemeyecek daha düşük yoğunluklu başka bir malzeme kullanılmalıdır[5]	5
6	Kompozit malzeme kullanılmalıdır[6]	6
7	Ucuz hammadde, alternatif malzeme kullanılmalıdır[7]	7

Veri Penceresi