



Ürün varyant konfigürasyon yönetiminin ürün ağacı ve hataları üzerindeki etkilerinin incelenmesi

Ferit Karayazı^{1*}, İ. Hakkı Cedimoğlu²

ÖZ

Müşteri taleplerinin değişkenlik göstermesi işletmelerin karmaşık bir ürün yelpazesi oluşturmasına neden olmaktadır. Bu durum işletmelerin sipariş, tasarım, üretim süreçlerinde ürün ağacı yönetimini karmaşık bir hale getirmekte ve bu durum hataların oluşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle işletmeler kullandıkları bilgisayar destekli (CAD-ERP vb) yazılımları müşteri taleplerine hızlı cevap verebilecek bir yapıya uygun bir hale getirmek zorunda kalmaktadır. Bu çalışmada ürün kompleksliğini azaltmak, müşteri taleplerine hızlı cevap verebilecek esnek bir yapı oluşturmak için geliştirilmiş olan varyant konfigürasyon yönetim sisteminin ürün ağacı yapısı ve ürün ağacı hataları üzerindeki etkileri incelenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Varyant Konfigürasyon, ERP, Kompleks Ürünler, Ürün ağacı, Ürün ağacı hataları

The analysis of product variant configuration management on bill of material and its faults

ABSTRACT

Variability of customer demand drives businesses to grow their range of product portfolios to be able to adopt against the demand fluctuation however it pushes business boundaries to consider more integrated project and logistics control tools in order to be able to deliver and manage essential but crucial business processes as wells as balancing higher product complexity. In this thesis, it will be analyzed the critical success factors for business who uses integrated computer-aided (CAD-ERP, etc.) programs to control their design, production and after sales business functions. In this study, to reduce product complexity, a flexible structure that can respond quickly to customer demand, which was developed to create a variant of the configuration management system bill of material (BOM) structure and its effects on BOM failures are examined.

Keywords: Variant Configuration, ERP, Complex Products, Bill of material, Faults of BOM

* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1 Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya - fkarayazi@otokar.com.tr

2 Sakarya Üniversitesi, Bilgisayar ve Bilişim Sistemleri Fakültesi, Bilişim Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Sakarya

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde artan küreselleşme sürecine bağlı olarak üretime dayalı itme modelinden müşteriye dayalı itme ve çekme modeline geçişe ihtiyaç duyan yeni bir yayılma ve dönüşüm süreci ile karşı karşıyadır. Bu yeni dönüşüme geçişin en temel nedenleri arasından müşterilerin standart ürün taleplerinin daha özel ürün taleplerine geçmesi ve üreticiden bu yönde beklentilerinin oluşmasıdır [1].

Son yıllarda müşteriler taleplerinde daha seçici, kritik bir yapıya ve üreticinin önerdiği ürünlere karşı daha özel ve kendine özgü taleplere sahiptirler. Müşterilerin işletmenin ürün özelliklerine ve üretim süreçlerine hâkim bir şekilde taleplerini belirlemek istemesi nedeniyle üretici işletmeler için müşteri odaklı ürün üretimi gittikçe önem kazanmaktadır. Sonuç olarak birebir üretim tipi son zamanlarda yaygınlaşmaya başlamıştır. Müşteri taleplerinin çeşitliliği seri üretim ile karşılaştırıldığında ürün varyant sayısı büyük artış göstermektedir. İşletmelerin başarısı için üretim ve tasarım hız ve esnekliği oldukça önemlidir ve bu durum üreticiler için önemli bir rekabet unsuru teşkil etmektedir [2].

Her yeni ürün için ayrı bir mamul ürün ağacı oluşturulması tasarım, konfigürasyon ve mühendislik değişiklik yönetimi süreçlerinde kompleksliği artırarak ürün ağaçlarında mükerrer parça tanımlama, benzer bileşenler arasında yanlış kodlu bileşenin seçilmesi vb. pek çok ürün ağacı hatalarına neden olmaktadır. Bu hatalarda kullanılmayan parçanın mamul ürün ağacında tanımlı olması nedeniyle sipariş açılıp stoğa girmesi ve daha sonra atıl stok maliyeti oluşmasına, eksik parça nedeniyle üretim duruşlarından dolayı işçilik zamanı kayıplarına vb. sorunlara neden olmaktadır.

Müşteriye özel ürünler üreten sektörlerde siparişler tamamen müşterinin verdiği tanım ve değerler doğrultusunda o siparişe özgü olarak üretilmektedir. Bundan dolayı müşteriye özel üretim yapmak oldukça karmaşık bir ürün ağacı yapısını yönetmeyi de gerektirmektedir. Eğer işletmeler sektörlerinde en büyük kalmak, büyürken müşteri odaklı ve esnek olmaktan vazgeçmek istemiyorsa farklı bir ERP ürün ağacı modellemesine ihtiyaçları vardır. Sağlıklı ve iyi işleyen bir üretim süreci için tüm engelleri aşacak yöntemleri bulmak, geliştirmek ve entegre etmek gerekir [3].

2. ÜRÜN VARYANT KONFIGÜRASYON SİSTEMİ (PRODUCT VARIANT CONFIGURATION SYSTEM)

Varyant konfigürasyon modeli ürün çeşitliliğinin fazla olduğu kompleks üretim alanlarında kullanılan bir ürün

yapısı yönetim şeklidir. Üretici firma genelde mevcut ürünlerinin varyantlarını üretmektedir. Bu varyantları var olan diğer varyantlardan türeterek veya değiştirerek oluştururlar. Burada kritik nokta müşteri talebine en hızlı şekilde cevap verebilecek bir yapıda olmasıdır. Varyant, ürüne ait özellik bilgilerini tanımlayan tüm parametre değerlerini bir bütün olarak içeren yapıdır. Temel olarak ürün ağacı ise bir ürüne ait bileşen ve bu bileşenlerin birbirleriyle olan hiyerarşik ilişkilerine göre yapılandırılmış olan ve malzeme ihtiyaç planlamasının temel girdisini teşkil eden yapılardır [4].

Ürün konfigürasyon modeli üreticinin tasarımdan siparişe veya sipariştan montaja kadarki tüm süreçlerde müşterinin kendi tercihini yapabilmesine imkân sağlayacak araçları barındıran bir yapıdır. Müşteri odaklı çalışan şirketlerde ürün konfigürasyon yapısı kişiden bağımsız ve sistemi sınırları tanımlanmış olmalıdır. Bunun yanında konfigürasyon yapısı yeri geldiğinde ürün tasarım uzmanlığının ötesinde ortaya çıkabilecek konfigürasyon problemlerine de cevap verebiliyor olmalıdır [5].

Ürün varyant konfigürasyonu temel olarak birbiriyle ilişkili olan parçalar arasındaki ilişkiyi tanımlayan bir ürün yapısı yönetim modeli şeklidir. Bu sistem modeli nihai ürün için kullanılan parçaları tanımlayarak bir ürün için etkin bir tasarım sürecine imkân sağlar. Ürün varyant konfigürasyon sistemi ERP' nin diğer modülleriyle en sık ve etkin kullanılan bir sistemdir [6]. Ürün çeşitliliği fazla olan, yüksek adetlerde üretim yapılan ve binlerce bileşenden meydana gelen ürünlerin üretildiği üretimlerde ürün karmaşıklığını azaltmanın en etkili yöntemlerinden birisi ürün yapılarının modüler bileşenlerden oluşmasını sağlamaktır. Özellikle tasarım sürecindeki modüler konfigürasyon yapısının oluşturulması esnek üretim sistemlerinde daha düşük maliyet oluşmasına imkân sağlar [7].

Varyant konfigürasyon sistemi ürün ile ilgili tüm süreçlerde ürün için doğru seçimin elde edilmesini, satış sürecinde kolay seçim yapılmasını, daha hızlı ve anlaşılır bir iletişim kurulmasını ve üretim için doğru parça seçimini sağlar. Parça listelerini azaltır ve sipariş sürecini hızlandırır. Yönetilebilir ve şeffaf bir kontrol yapısı sağlar ve bilgi karmaşasını azaltır [8].

Varyant konfigürasyon yapısı karmaşık ürün yapılarının tek bir merkezden daha hızlı ve etkin bir biçimde yönetilmesi için geliştirilmiş olmasına rağmen PDM sistemleri gibi CAD/CAM ortamındaki verilere direkt bağlanamamaktadır. Varyant ürün ağaçları üründeki değişkenlikleri modellemesi için geliştirilmiş olmasına karşın CAD/CAM sistemlerindeki verilere bağlı olarak çalışmamaktadır. Bu sorunun çözümü için, farklı veri

kaynaklarındaki verileri gerçek zamanlı kullanabilecek nesne tabanlı ürün ağaçları geliştirilmiştir.

Genellikle ürün ağacı verileri kayıt tabanlı bilgi modelinde kullanılan ilişkisel bir veri tabanında saklanır. Özellikler ilişkisel ürün ağacı verilerinin performansını sınırlandırır. Bu sınırlandırma daha çok geniş bilgi sistemlerine sahip işletmelerde daha belirgindir [9].

Bir işletme müşteriye özgü çözümler sunmak için mümkün olan tüm seçenekleri ortaya koymaya ihtiyaç duyar. Her ne kadar varyant ürünleri bir katalog olarak müşteriye sunulmuş olsa da burada aslında binlerce varyanttan söz edilebilir ve bu her bir müşteri ihtiyacına cevap verebilecek ürünleri içerir. Burada varyant konfigürasyon yapısının sağlıklı oluşturulması ticari olarak ta başarıyı getirir [10].

Sembugamoorthy and Chandrasekaran (1992) kompleks ürünlerin anlaşılmasını sağlamak için fonksiyonellik modeline ihtiyaç olduğunu ortaya koymuşlardır[11]. Ürün fonksiyonelliğini tanımlamak için ürünün ne olduğunu ve ürün bileşen ilişkisinin tanımlanmasına ihtiyaç vardır [2].

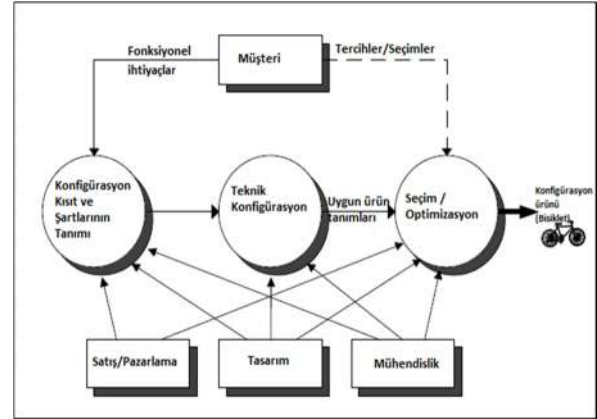
Konfigürasyon tasarım aşamasında ürün fiziksel ve fonksiyonel özellikleri göz önünde bulundurularak kabaca gruplandırılabilir. Ürünlerin fonksiyonel olarak modellenebiliyor olması varyant konfigürasyon yaklaşımının oluşturulmasında ön koşullardan birisidir. Bu durum iki yönden ele alınmalıdır;

- Özel bir uygulama durumunda ürün fonksiyonelliği modellenebilmelidir,
- Bir ürünün fonksiyonelliği ve yapısı arasında ilişki olduğu kabul edilmelidir.

Konfigürasyonda fonksiyonların tanımlanması ve bu fonksiyonların ilişki yapısının kurulması en temel unsurlardan birisidir. Bir işletme için konfigürasyon veri modelinde fonksiyonların tanımlanması aşağıdaki avantajları sağlar [2];

- Belli bir ürünün aranmasında rehber görevi üstlenir,
- Problemlerin detaylı ayrıştırılmasında kullanılabilir,
- Belirli bir fonksiyonun uygulanabilmesi için tüm parçaların bulunmasını sağlar,
- Bir fonksiyonun gerçekleştirilmesi için ortaya konması gereken tüm kısıtlamaları formüle etmeye imkân sağlar.

Şekil 1' de ürün konfigürasyonu genel yapısı gösterilmektedir. Müşteri, Satış, Tasarım ve Mühendislik çalışmaları sonucu ürün konfigürasyonuna ait genel kısıtlar ve şartlar belirlenmektedir. Bu şart ve kısıtlar konfigürasyonun teknik olarak oluşturulması için temel girdi teşkil etmektedir. Oluşturulan şart ve kısıtlar tasarım ve mühendislik birimlerince değerlendirilerek konfigürasyonun teknik olarak fonksiyonları ve fiziksel yapısı tanımlanır. Ürün konfigürasyonu tanımlaması yapıldıktan sonra bu verilere göre ürün varyant yapısı oluşturularak ürün ağacı sürecinin tanımlanması sağlanır. Daha sonra ürün konfigürasyon sistemi içerisinde müşteri taleplerine göre ürün konfigürasyon fonksiyonelliği kullanılarak seçim yapılır. Tanımsız bir varyant talebi satış, tasarım ve mühendislik tarafından değerlendirilerek konfigürasyon değişiklik sistemi kullanılarak ürün konfigürasyon yapısı güncellenir.



Şekil 1. Ürün Konfigürasyon Model Yapısı (The Structure of Product Configuration Model)

3. VARYANT KONFIGÜRASYONDA ÜRÜN AĞACI MODELİ (BILL OF MATERIAL MODEL IN VARIANT KONFIGÜRASYON)

Ürün ağacı, ürünü oluşturan tüm bileşenleri ve bu bileşenlere ait üretim verilerini içeren ve bu özelliğiyle üretimin en temel yapısını oluşturan ve ERP sistemlerinin diğer modülleriyle etkileşim içerisinde olan yapılarıdır. Üretim sürecinin temelini oluşturması nedeniyle ürün ağacı yapısının esnek ve hızlı oluşturulabilir bir biçimde tasarlanması gerekir.

En temel ürün konfigürasyon seviyesi; müşteriye seçiminin adım adım değer girişi yaptırarak yönlendirilmesini sağlayan satış konfigürasyon yapısıdır. Bu seçim prosesi doğru konfigürasyon ürününün konfigürasyon sistemi üzerinde bulununcaya kadar devam etmesini sağlar ve ürün bulununca sonlanır. Ürün konfigürasyonu teknik kısıtlar ve izin verilen müşteri

talep kısıtlarını içeren; bu kısıtların tanımlanması ile sistem üzerinde ürüne ait ürün ağacı bilgilerinin otomatik oluşturulmasını sağlayan ve bunları üretim süreçlerinde uygulayan bir yapıdır. Ürün konfigürasyon modeli; mümkün olan değerleri içeren özellikler ailesinin tanımlandığı parametrelerin bağlantılar yardımıyla ilişkilendirildiği gelişmiş bir yapıdır [12]. Varyant konfigürasyon yönetim bir çeşit modeli birleştirilmiş veri yönetim modeli olarak düşünülebilir. Bu model ürün yaşam döngüsü sistemini temel alan bir sistemdir. Model karmaşık ve geniş ürün yelpazesi içerisinde benzer ürünlerin bir araya getirilmesini sağlar. Böylelikle tasarım ve ERP sisteminin etkin uyumu sağlanır [13].

Ürünler arası bileşen farklılığı nedeniyle her ürün için ayrı ürün ağacı oluşturma zorunluluğu MRP süreçlerinde ve buna bağlı olarak üretim süreçlerinde gecikmelere neden olmaktadır. Bu doğrultuda Kashkoush ve ElMaraghy bu durumu göz önünde bulundurarak ürün ağacı verilerini benzer ürün ağaçlarından elde etmek için bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışma ile işlem planları ve tasarıma dayalı bazı veriler otomatik elde edilmiştir [14].

Ürün ağacı verilerinin tasarım ortamından ERP ortamına aktarılmasının yazılım aracılığı ile otomatik olarak yapılması ürün ağacı oluşturma süresini ortadan kaldırarak MRP ve diğer süreçleri kısaltacaktır. Böylelikle üretim ve sipariş planlamada gecikmeler ortaya çıkmayacaktır. Ürün varyant konfigürasyon yönetimi bu doğrultuda geliştirilmiştir. Varyant, ürünün karakteristik özelliklerini temsil edebilmek için her parametrenin değerini bir dizi olarak saklayan yapıdır [4].

Şekil 2’de Varyant konfigürasyon modeline göre oluşturulan bir ürünün modele göre bileşen yapısı gösterilmiştir. Çalışmada model olarak SAP ERP sistemi varyant konfigürasyon modeli ele alınmıştır. Daha öncede belirtildiği gibi varyant konfigürasyon daha az ürün ağacı ile daha çok ürün yapısının sistem tarafından otomatik oluşturulmasını sağlar. SAP varyant konfigürasyon modelinde varyant konfigürasyonun genel ürün ağacı ve rotalama, konfigürasyon profili, karakteristik, varyant sınıfı ve nesne bağlantıları bileşenlerinden faydalanılır. Varyant ürün ağaçlarında benzer özelliklere sahip mamuller (varyant malzemesi) için bir tane genel ürün ağacı ve bu ürün ağacında yer alan bileşenlere tanımlı tek bir rota bilgisi oluşturmak yeterlidir. Bu durum mamul ürün ağacı oluşumunda esnek bir yapı sağlar.

Varyant ürünleri öncelikle ERP sisteminde hem ana veriler (parça kod, tanım, tedarik şekli vb bilgi alanları) hem de MRP parametre alanlarında konfigüre edilebilir ürün olarak tanımlanır. Varyant ürününü tanımlayan özellikler ve özelliklere ait değerler varyant sınıfı

içerisinde tanımlanır. Varyant sınıfı içerisinde saklanan varyant ürünü özellik bilgileri varyant konfigürasyon profili içerisinde genel ürün ağacı ile ilişkilendirilir. Daha sonra genel ürün ağacında pek çok varyant ürünü bileşenini içeren genel ürün ağacı yapısında nesne bağlantıları yardımı ile varyant ürünü ve genel ürün ağacı bileşeni formül oluşturularak bağlantı gerçekleştirilir. Genel ürün ağacı ve varyantın diğer bileşenleri arasındaki ilişkilendirmeler tamamlanarak ilgili varyant ürününün ürün ağacı sistem tarafından otomatik olarak oluşturulur.

Konfigürasyon bileşenler arasındaki ilişki bağlantılar ile oluşturulur. Bu ilişkiler yapılacak bağlantının tipine göre prosedür, koşul veya kısıtlarla gerçekleştirilir. Örneğin ürünle ilgili fiyat bilgisi tanımlanmak istendiğinde prosedür bağlantı tipi kullanılır aynı şekilde herhangi bir varyant ürünü için bir karakteristik değerine göre seçimi yapılması istenen bir ürün ağacı bileşeni için seçim koşulu bağlantı tipi kullanılır. Operasyon tanımlamaları ana ürün ağacı üzerinde bileşene seçim koşulu bağlantısı girilerek gerçekleştirilir. Operasyonlar için istenildiği durumlarda proses sayfaları, makine atama ve üretim ekipmanlarının sistem üzerinde ilişkilendirilmesi de mümkündür. Bağlantılar izin verilen karakteristiklerin seçim kombinasyonlarını sınırlandırır. Aynı zamanda bir varyantın üretilmesi için ürün ağacında doğru bileşenin ve doğru operasyonun seçiminin yapılmasını sağlar. Bağlantılar aynı zamanda karakteristiklerle karakteristik değerleri arasındaki karşılıklı bağlantıyı tanımlar. Görev listesinden hangi operasyonun seçildiğini ve ürün ağacından hangi bileşenin seçildiğini kontrol eder. Konfigürasyon süresince operasyonlar ve ürün ağacındaki kalemlerde alan değerlerinin değiştirilmesini de sağlarlar [1,3].

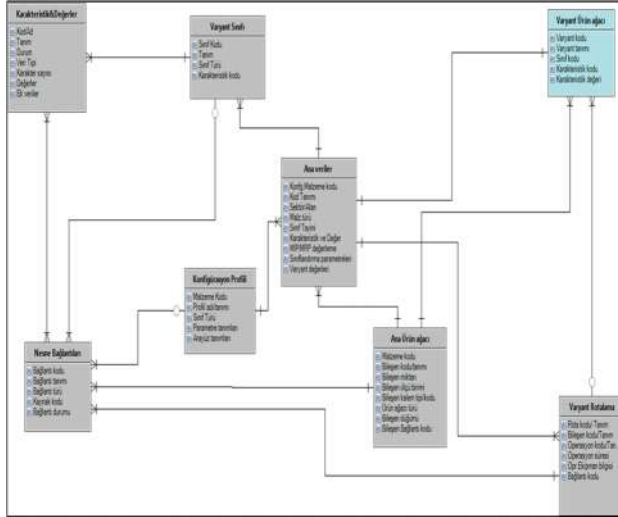
Çok seviyeli ürün ağacı kalemleri ve miktarları için de aynı durum söz konusudur. “Çok seviyeli” esnek yapılandırma olarak adlandırabileceğimiz bu yapıda; her bir kademede malzemenin ürün ağacına, olabilecek tüm bileşenler bağlanılmaktadır [15]. Her siparişe özgün yarı mamul, müşteri siparişinde girilen karakteristik değerlerine göre otomatik seçtirilmekte ve yarı mamul kademelerindeki malzemelerde de çok seviyeli olarak o siparişe özgü konfigüre edilmektedir. Yarı mamul gereksinimleri en üst kademede sipariş miktarına göre belirlenip ihtiyaç planlaması yapılabilmektedir [16]. Oluşturulan ürün yapıları tanımlanan karakteristik ve karakteristik değerlerini bağlantılar, sınıf ve profil tanımlamalarıyla birbiriyle ilişkilendirilir ve her ürün yapısı bu tanımlamalara göre birbirinden bağımsız olarak oluşur [8]. Karakteristik tanımlamaları varyant sınıfı içerisinde tanımlanır. Karakteristik konfigüre edilebilir bir malzemenin özelliklerini tanımlamada kullanılır. Konfigürasyon malzemesinde karakteristik kullanımını mümkün kılmak için malzemeye sınıf tipi atanmalıdır.

Müşteri her bir karakteristik için farklı opsiyonlar arasından seçim yapabilir [17].

Bir malzemenin konfigürasyon profili satış siparişlerinde konfigürasyon süreçlerini kontrol eder. Konfigürasyon profili aynı zamanda konfigüre edilen bir nesnenin tek bir merkezden düzenlenmesini tanımlamak içinde kullanılır. Bu profilin kullanılması karakteristik oluşturulması esnasında tanımlanan karakteristik değerlerinin gizlenmesini de mümkün kılar [17].

Varyant konfigürasyonda sınıf konfigüre edilen malzemelerin karakteristik bilgilerini saklamak için kullanılır. Konfigüre edilen malzemeyi sınıfa bağlayarak sınıf karakteristiklerinde kullanılacak olan konfigürasyon malzemelerine izin verilmiş olunur [18]. Ürün varyant konfigürasyon uygulamasında farklılaşan her ürün için bir malzeme ve ürün ağacı yapısı oluşturmaya gerek yoktur. Mümkün olan tüm varyant ve operasyonların ortaya konması için genel ürün ağacı ve genel rotalama yeterlidir [19].

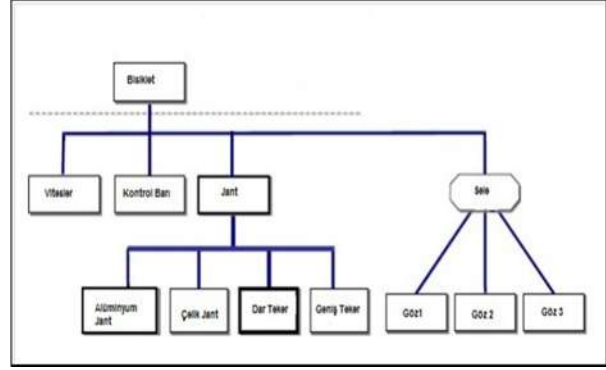
Şekil 2’de varyant konfigürasyon yapısı bileşenlerinin birbirleriyle olan ilişkileri E-R diyagramı olarak belirtilmiştir.



Şekil 2. SAP Varyant konfigürasyon modeli varlık ilişkisi diyagramı (The E-R diagram of SAP variant configuration model)

4. BİSİKLET ÖRNEĞİ (THE BICYCLE SAMPLE)

Bu uygulamada bir bisiklet ürün yapısı ele alınmaktadır ve varyant konfigürasyon modeline göre ürün ağacı yapısının nasıl oluşturulacağı anlatılmaktadır. Şekil-3 bir bisikleti oluşturan bileşenlerin yapısı gösterilmektedir. Müşteriye 4 ana model sunulmaktadır ve bu ana modellere ilaveten müşteri isteğine bağlı olarak istenen modele konfor paketi de eklenebilmektedir. Her model bir varyantı temsil etmektedir.



Şekil 3. Bisiklet ürün bileşen yapısı (The component structure of a bike product)

Genel süreç işleyişi aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

- Ana ürün ağacı, bileşenler, varyant ürün kodları malzeme ana veri kayıtları ilgili parametre değerlerine göre tanımlanır. Örneğin ana ürün ağacı ve varyantlar sisteme mamul, bileşenler ise stok kalemi olarak tanımlanır.
- Ana ürün ağacı ile bileşenler hiyerarşik olarak ilişkilendirilir, yani ürün ağacı tanımlanır.
- Ürün karakteristik kodları ilgili parametre değerlerine göre tanımlanır.
- Ürün gruplarına ait sınıf kodları tanımlanır ve bu sınıflara ait karakteristikler sınıfa bağlanır.
- Varyant ürün kodlarının konfigüre edilebilmesi için sınıflandırma tanımlaması yapılır. Yani varyant ürün ağacı için hangi ana ürün ağacının referans alınacağı varyant kodunun ana kaydında tanımlanır.
- Konfigürasyon profilinde hangi ana ürün ağacından hangi varyant ürünleri hangi parametrelere göre tanımlanacağı belirlenir. Örneğin B ana ürün ağacından V1 varyant ürünün üretileceği sistem üzerinde belirtilir, bu işlem sırasında V1 için ürün ağacı açılım seviyesi ve MRP parametre değerleri tanımlanır.
- Ana rota ve operasyon listesi kod verilerek ana ürün ağacına benzer şekilde tanımlanır.
- Ana ürün ağacında tanımlı bileşenlere bağlantı koşulu girilerek hangi bileşenin hangi varyant ürünü için seçileceği tanımlanır. Herhangi bir koşul girilmeyen bileşen ana ürün ağacının konfigürasyon profilinde belirtildiği tüm varyant ürünleri için geçerli olduğu anlamına gelir. Bağlantı ana ürün ağacındaki bileşen seçimi için kısıt teşkil eder.

- Varyant ürün ağacı konfigürasyon profili tanımlaması, varyanta tanımlı sınıf ve bu sınıf altında yer alan karakteristik ve değerleri ile ana ürün ağacındaki bağlantı seçim koşullarının etkileşimi sonucunda sistem üzerinde otomatik olarak oluşturulur.

Tablo 1’de modelimizde de belirttiğimiz gibi 4 ayrı modeli içeren bir ana ürün ağacı bileşen listesi verilmiştir. Örnekte ürün ağacı 2. seviyeden oluşturulmuştur, 1.seviye bileşenin yer aldığı ana grubu göstermektedir. Bu grup üretim ve MRP süreçlerinde dikkate alınmayan mühendislik ürün ağacı yapısına göre oluşturulmuş fantom(hayali) stok kalemi kodlarından oluşmaktadır. Ana ürün ağacında seçim koşulları 2. seviyedeki bileşenlere tanımlanmıştır. Böylelikle varyant ürün ağacı sistem tarafından otomatik oluşturulurken 2.seviyedeki bileşenler dikkate alınmaktadır.

Bu bileşenler öncelikle sistemde ana veri kayıtları oluşturularak tanımlanır daha sonra ana ürün ağacı kodu sistemde tanımlanarak bileşenler bu kod altına bağlanır. Örnekte ana ürün ağacına B kodu verilmiştir. Bu ana ürün ağacından varyant konfigürasyon uygulanarak sistem tarafından otomatik oluşturulacak olan varyant ürünlerinin hangi koşullara göre oluşturulacağı ile ilgili bağlantı kuralları da ürün ağacı listesinde son sütunda belirtilmiştir. Bu işlemi yaparken varyant ürüne tanımlı olan karakteristik ve bu karakteristiğin aldığı değer dikkate alınır. Bileşenlere bağlantı girilmiş ise bu bileşen yalnızca belirtilen karakteristiğin kaynak kodunda geçen değeri için ilgili varyant ürününde seçilir, aksi durumlarda seçilmez. Örneğin V10 kodlu bileşen yalnızca STP karakteristiğinin ‘var’ değerinin tanımlı olduğu V1 varyantı için geçerli olur. Eğer bir bileşene herhangi bir bağlantı koşulu girilmez ise o bileşen ana ürün ağacının tanımlı olduğu tüm varyant ürünleri için geçerli olur.

Tablo-1:Bisiklet ana ürün ağacı listesi ve bağlantı koşulları(The BOM list of the bicycle and dependency conditions)

Sv y.	Kod	Tanımı	A d e t	Bileşen Seçimi Koşulu
.1	V1	Vites Gr.	1	
..2	V10	10 vites kmp.	1	Eğer STP = 'Var' ise seç
..2	V12	12 vites kmp.	1	Eğer GP = 'Var' ise seç
..2	V17	17 vites kmp.	1	Eğer DP = 'Var' ise seç
..2	V21	21 vites kmp.	1	Eğer SP = 'Var' ise seç
..2	M1	Montaj resmi	1	
..2	KS1	Koruma sacı	1	
..2	P1	Pin1(V21)	2	Eğer SP = 'Var' ise seç
..2	C1	Cıvata	4	
..2	P2	Pul	8	
.1	KB1	Ön-Arka Tk.	1	
..2	DKB	Kontrol barı1	1	Eğer DP = 'Var' ise seç
..2	SKB	Kontrol barı2	1	Eğer STP = 'Var' ise seç
..2	L1	Logo	1	

..2	T1	Bar tutamağı	2	Eğer KP = 'Yok' ise seç
..2	T2	Bar Tutamağı	2	Eğer KP = 'Var' ise seç
..2	UB1	Üst boru	1	
..2	AB1	Alt boru	1	
..2	AF1	Arka Fren kmp.	1	
..2	DT1	Dişli takım kmp.(17-21 vites)	1	Eğer SP veya DP = 'Var' ise seç
..2	DT2	Dişli takım kmp.(standart)	1	Eğer STP veya GP = 'Var' ise seç
.1	TG	Tekerlek grubu	2	
..2	AJ	Alüminyum Jant	1	Eğer STP veya GP = 'Var' ise seç
..2	ÇJ	Çelik Jant	1	Eğer SP veya DP = 'Var' ise seç
..2	DT	Dar Teker	1	Eğer STP veya GP = 'Var' ise seç
..2	GT	Geniş Teker	1	Eğer SP veya DP = 'Var' ise seç
..2	C2	Cıvata	4	
..2	P3	Bağlantı Pulu	4	
..2	M3	Parlatıcı (Çelik Jant)	0 2	Eğer KP = 'Yok' ise seç
.1	S1	Sele komple	1	
..2	G1	Sele gözü (Standart ve Gezi)	1	Eğer STP veya GP = 'Var' ise seç
..2	G2	Sele gözü (Spor)	1	Eğer SP = 'Var' ise seç
..2	G3	Sele gözü (Dağ)	1	Eğer DP = 'Var' ise seç
..2	E1	Tutamak	2	
..2	KP1	Kaplama(Tip 3 göz)	2	Eğer DP = 'Var' ise seç
..2	KP2	Kaplama	2	Eğer DP = 'Yok' ise seç
..2	SD1	Sele direği	1	

Tablo 2’de rotalama ve operasyon listesi verilmektedir. Operasyonlar modelimizde de görüldüğü gibi ana ürün ağacına tanımlanır ve hangi varyant ürünü için hangi operasyonun geçerli olacağı yine bağlantı seçim koşulu kullanılarak belirlenir. Girilen bağlantı seçim koşuluna göre varyant üründe geçerli olan operasyonlar listesi ve buna bağlı olarak varyant ürünün üretim zamanı sistem tarafından otomatik oluşturulur.

Tablo 2: Rotalama ve operasyon tablosu (Routing and operation table)

Rota Kodu	Öncül Rota kodu	Opr. Kodu	Opr. tanımı	Opr. süresi (dk)	Seçim Koşulu
'Hat1		0001	Dağ bisiklet mnt.	20	Eğer DP = 'Var' ise seç
'Hat1		0002	Spor bisiklet mnt.	18	Eğer SP = 'Var' ise seç
'Hat1		0003	Gezi bisiklet mnt.	15	Eğer GP = 'Var' ise seç

'Hat1		0004	Standrt bisklt. mnt.	13	Eğer STP = 'Var' ise seç
'Hat2	'Hat3	0005	Arka boru mnt	6	
'Hat3	'Hat1	0006	Ön boru mnt	8	
'Hat4	'Hat1	0007	Arka fren mnt	12	
'Hat5	'Hat4	0008	Son mnt- tamaml	5	
'Hat6	'Hat5	0009	Kaplam a işlem-1	6	Eğer DP = 'Var' ise seç
'Hat6	'Hat5	0010	Kaplam a işlem-2	7	Eğer DP = 'Yok' ise seç

Tablo 3'te varyant ürünlerin tanımlandığı karakteristik bilgileri verilmiştir. Ürüne ait özellikler bu tabloda yer alır. Karakteristikler değerlerden oluşmaktadır. Varyant ürününe ait ürün ağacı varyanta tanımlanan karakteristik ve bu karakteristikğin aldığı değere göre bağlantı koşulu girilerek oluşturulur. Ürüne ait karakteristikler belirlendikten sonra bu karakteristikler bir sınıf altına tanımlanır. Sınıf varyant ürün ana veri kaydına girilir. Böylelikle varyant ürünün hangi karakteristiklerden oluşabileceği sistem üzerinde tanımlanmış olur. Örnekte SP, DP ve KP karakteristikleri SNF1 sınıfı altına tanımlanır. SNF1 sınıf kodu da V1 varyant ürünü ana verilerinde tanımlanır. Böylelikle V1 ürünü için hangi karakteristiklerin geçerli olduğu belirlenmiş olur.

Tablo-3: Karakteristik tablosu (Characteristic table)

Krktr kodu	Krktr tanımı	Krktr değere	Krktr. tipi
SP	Spor paketi	Var,Yok	Metin
STP	Standart paket	Var,Yok	Metin
DP	Dağcılık paketi	Var,Yok	Metin
GP	Gezi Paketi	Var,Yok	Metin
KP	Konfor paketi	Var,Yok	Metin

Tablo 4'te varyant ürünlerinin karakteristik bilgilerinin saklandığı sınıf kodları ve bu sınıf kodlarına tanımlı karakteristik kodları gösterilmiştir. Buna göre SNF1 sınıfı için SP, DP ve KP karakteristikleri tanımlanmıştır. Bu tanımlama yapılarak sınıf, karakteristik ve varyant ürün arasındaki bağlantı kurulmuş olur. Örneğin V1 varyant ürününe SNF1 sınıf tanımlaması yapılarak V1 ürünün yalnızca SP, DP, KP karakteristik değerlerine sahip olan bileşenlerden oluştuğu bunun dışındaki karakteristiklerin bu ürün için tanımlanamayacağı dolayısıyla ürün ağacı bileşenlerinde bağlantı kodu seçim koşulu girilemeyeceği noktasında bir sınırlandırma yapılmış olur. Buda sistemin etkinliğini artırır. Örneğin V1 ürünü için STP karakteristikliği ile ilgili bir bağlantı seçim koşulu oluşturulamaz bu durumda sistem hata verir ve ilgili karakteristikğin SNF1'e tanımlanması istenir.

Tablo-4: Sınıf tablosu (The class table)

Sınıf kodu	Sınıf tanımı	Karakteristik Kodu
SNF1	Özel model	SP DP KP
SNF2	Normal model	STP GP KP

Tablo 5'te sistem tarafından B ana ürün ağacından otomatik oluşturulacak olan varyant ürünlerinin sınıf, karakteristik ve karakteristik değerleri gösterilmektedir. Örneğin V3 varyant ürünü için SNF1 sınıfı koduna tanımlı olan DP ve KP karakteristikleri tanımlanmıştır. V3 için bir bileşen seçimi girilen bağlantı değerinin "yok" olarak tanımlandığı seçim koşullarında geçerlidir.

Tablo-5: Varyant ürün tablosu (Variant product table)

Vryn. kodu	Vryn. tanımı	Krktr. kodu	Krktr. dğr.	Sınıf kodu
V1	Varyant ürün 1	SP	Var	SNF1
		KP	Var	
V2	Varyant ürün 2	STP	Var	SNF2
		KP	Var	
V3	Varyant ürün 3	DP	Var	SNF1
		KP	Yok	
V4	Varyant ürün 4	STP	Var	SNF2
		KP	Yok	

Örnek çalışmaya sonuç olarak bakıldığında varyant konfigürasyon modeli yerine standart ürün ağacı tanımlaması yapılmış olması durumunda her ürüne ait

farklılaşan bileşen için yeni bir ürün ağacı oluşturmak yeni rota ve operasyonlar girmek gerekecektir. Böylece ürün yapısı karmaşık ve yönetilmesi zor bir durum elde edilmiş olunacaktır. Varyant konfigürasyon modeli yapısına göre ürün yapısı oluşturulduğunda tek bir ürün ağacı ile pek çok varyant ürününe ait ürün ağacı modeldeki tanımlamalara göre sistem tarafından otomatik olarak elde edilmiş olacak ve merkezi bir kontrol sağlanacaktır, böylelikle yeni ürün ve mevcut ürün değişikliklerin de kolaylık sağlayarak karmaşıklık ve hataları azaltacaktır. Özellikle otomotiv gibi binlerce bileşen ve yüzlerce varyant ürününden oluşan çok büyük sistemler düşünüldüğünde bu modelin önemi daha da artmaktadır.

5. VARYANT KONFIGÜRASYONUN ÜRÜN AĞACI HATALARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ (THE EFFECTS OF VARIANT CONFIGURATION ON THE BOM FAULTS)

Her ürün için ayrı ürün ağacı oluşturulmasının meydana getirdiği karmaşık ürün ağacı yapısı mühendislik değişiklik yönetimini de olumsuz yönde etkileyerek oluşturulan yeni ürün bileşen seçimlerinde hata yapılmasına buda ürün ağacı hatalarının oluşmasına neden olmaktadır. Hatalı ürün ağaçları MRP süreçlerine girerek yanlış parça siparişlerinin oluşmasına ve atıl stok oluşmasına veya eksik parça nedeniyle hat durumu gibi işletmeye maliyet olarak yansıyan durumların oluşmasına neden olmaktadır.

Bu bölümde varyant konfigürasyon ürün yapısının ürün ağacı hataları üzerindeki etkisi ticari araç (Minibüs-Otobüs vb.) üretimi yapan bir firmanın 2011 yılı Haziran ayından itibaren tespit edilen ürün ağacı hatalarının varyant konfigürasyon uygulaması öncesi ve sonrasındaki karşılaştırması T-test istatistik analiz yönteminden faydalanılarak değerlendirilmiştir. Firma Minibüs ve 7,5 mt den 18 mt ye kadar uzunluğa sahip çeşitli boy ve modellerde otobüs üretimi yapmaktadır. Varyant konfigürasyon modeli uygulaması öncesinde firma benzer modellere ait varyant araçların ürün ağaçları birbirinden türeterek varyant araç ürün ağaçları oluşturulmaktaydı. Her varyant için ayrı ürün ağacı oluşturulması, çoklu ve bağımsız yapıdaki ürün ağaçlarının kontrol zorluğu ve mühendislik değişiklik yönetiminde değişikliklerin ilişkilendirilememesi hataların sürekli olarak artmasına neden olmaktadır. Firma üretimde tespit edilen ürün ağacı hatalarını 2008 yılı sonlarından itibaren kurduğu bir sistem üzerinde kayıt altına almakta ve takip etmektedir. Mevcut durum için bir çözüm olarak firma kullandığı SAP ERP paketinin varyant konfigürasyon modülünü uygulamaya almış ve ürün yapısını bu modül üzerinde oluşturmaya başlamıştır. Böylelikle daha az ürün ağacı oluşturarak merkezi bir ürün yapısı ile daha fazla varyant ürün ağacı

yönetimine geçilmiştir. Bu durumda ürün ağacı hatalarında göreceli bir azalmaya neden olmuştur. Örnek çalışmamızda ise bu göreceli değişikliğin fiili değerler ele alınarak T test yöntemi ile karşılaştırması yapılmıştır.

T-Test; hipotez testlerinde en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. T testi ile iki grubun ortalamaları karşılaştırılarak aradaki farkın rastlantısal mı, yoksa istatistiksel olarak anlamlı mı olduğuna karar verilir. Biz örneğimizi T-test tekniğinin “ortalamalar için iki örnek” metodunu uygulayarak sonuçları değerlendireceğiz. Test sonucundaki ortalama farkı ve iki uçlu P değerine bakacağız. P değeri testimiz için 0,05 olarak alınmıştır, eğer sonucumuz 0,05 ten küçük ise varyant konfigürasyon uygulamasının hata bildirim adetlerini düşürmede etkili olduğunu söyleyebiliriz. Fakat bunun diğer değişken olan varyant âdetinin de T-test sonuçları değerlendirmesine bakarak yorumlamak daha doğru olacaktır. Bu durum da eğer varyant adetlerinin T-testi sonuçlarında ortalama arası fark ve iki uçlu P değerinin 0,05 ten büyük olması durumunda varyant konfigürasyonun ürün ağacı hataları üzerindeki etkisinin pozitif olarak etkili olduğunu söylenebilir. Örnekte varyant konfigürasyon öncesi ve sonrası her grup için 19 örnek sonuçları dikkate alınmıştır.

Firma varyant konfigürasyon uygulamasına 2013 yılı itibariyle geçmiş ve ürün yapısını buna göre oluşturmuştur. 2013 yılı öncesinde ise her farklı varyanta sahip araç için ayrı bir ürün ağacı oluşturulmuştur. Örnek çalışma için 2011 Haziran ayından 2014 Temmuz ayına kadar geçen sürede tespit edilen ürün ağacı hataları dikkate alınmıştır. Örnekte üretilen varyant sayısı arttıkça ürün ağacı hata sayısının da arttığı varsayılmaktadır, bu nedenle örnek çalışmada ilgili ay içerisinde üretilen varyant sayısı da dikkate alınmıştır. Tablo 6’da belirtilen dönemlerde üretim esnasında tespit edilen hatalar ve yine ilgili dönem içinde üretilen varyant âdeti dönemlere göre verilmiştir. Örneğin 201208 satırı bize 2012 yılı Ağustos ayında toplam 56 hata tespit edildiğini ve bu ay içerisinde toplamda 25 farklı varyant ürününün üretildiğini göstermektedir. Biz T-test yöntemini kullanarak varyant konfigürasyon öncesi ve sonrasındaki hata adetlerinin varyant âdeti değişmemesine hatta artmasına rağmen hata adetlerinin belirgin şekilde azalıp azalmadığını test edeceğiz. Eğer varyant sayısı değişmemesine ya da azalmamasına karşın hata adetlerinde düşüş var ise bu durumda varyant konfigürasyon modelinin ürün ağacı hatalarının azaltılması noktasında etkin bir yöntem olduğu yorumu yapılabilir.

Tablo 6: Varyant konfigürasyon modeli öncesi ve sonrasındaki hata ve üretilen varyant adetleri (The units of fault and variant before and after variant configuration model)

Vrynt.Konf. Öncesi			Vrynt .Konf. Sonrası		
Dönem	Hata adt.	Vrynt adt.	Dönem	Hata adt.	Vrynt adt.
201106	112	25	201301	86	27
201107	144	35	201302	87	29
201108	75	34	201303	72	36
201109	118	39	201304	66	33
201110	124	32	201305	84	34
201111	87	26	201306	74	25
201112	169	26	201307	105	31
201201	55	18	201308	68	20
201202	98	21	201309	76	29
201203	57	28	201310	21	26
201204	59	22	201311	28	27
201205	101	21	201312	58	22
201206	44	21	201401	23	16
201207	51	20	201402	98	28
201208	56	25	201403	30	24
201209	97	31	201404	44	33
201210	95	35	201405	19	27
201211	75	28	201406	53	29
201212	103	19	201407	21	22

Örnek çalışmada önce varyant konfigürasyon öncesindeki hata adetleri ile varyant konfigürasyon sonrasındaki hata adetleri T testine göre karşılaştırılmıştır. Tablo 7’de Varyant konfigürasyon öncesi ve sonrasındaki hata değerleri verilmiştir. Tablo 8’de ise ilgili ay içerisinde üretilen varyant ürün adetlerinin varyant konfigürasyon öncesi ve sonrasındaki adetlerine göre T-test sonuçları test edilmiştir.

Tablo 7: Hata adetleri karşılaştırması T-test sonuçları (The results of T-test for comparison of fault units)

t-Test:Ortalamalar için iki örnek		
	Vrynt.Knf. Öncesi Hata Adeti	Vrynt.Knf. Sonrası Hata Adeti
Ortalama	90,52631579	58,57894737
Varyans	1140,596491	801,8128655
Gözlem	19	19
Pearson Kolerasyonu	0,522095421	
Öngörülen Ort.Farkı	0	
df	18	
t stat	4,532782784	

P(T<=t) tek uçlu	0,000128844
t Kritik tek uçlu	1,734063592
P(T<=t) iki uçlu	0,000257687
t Kritik iki uçlu	2,100922037

Tablo 7’de test sonuçlarına bakıldığında varyant konfigürasyon öncesi hata adetleri ortalaması arasında dikkate değer bir fark olduğu aynı şekilde iki uçlu P değerinin de 0,05 ten küçük olduğu görülmektedir

Tablo 8: Varyant ürün adet karşılaştırması T testi Sonuçları (The result of T test for comparison of variant Product Units)

t-Test:Ortalamalar için iki örnek		
	Vrynt.Knf. Öncesi Hata Adeti	Vrynt.Knf. Sonrası Hata Adeti
Ortalama	26,631157895	27,26315789
Varyans	38,80116959	25,76023392
Gözlem	19	19
Pearson Kolerasyonu	0,697345384	
Öngörülen Ort.Farkı	0	
df	18	
t stat	-0,608511063	
P(T<=t) tek uçlu	0,27522557	
t Kritik tek uçlu	1,734063592	
P(T<=t) iki uçlu	0,550451141	
t Kritik iki uçlu	2,100922037	

Tablo 8’de test sonuçlarında varyant ürün adetlerinin önceki ve sonraki duruma göre ortalamasının çok fazla değişmediği aynı zamanda iki uçlu P değerinin de 0,05 ten büyük olduğu görülmektedir. Bu durumda iki farklı test sonucuna bakarak varyant konfigürasyon modelinin ürün ağacı hataları üzerinde pozitif yönde etkisinin olduğu yorumu yapılabilir. Özetle test sonucu bize varyant konfigürasyon modelinin ürün ağacı hatalarını azalttığını göstermektedir.

6. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Ürün varyant konfigürasyonu sayesinde, her bir müşterinin farklı özelliklerdeki ürünleri için, sistemde yeni ürün ağacı ve yarı mamul ürün ağacı tanımlaması yapılmamaktadır. Aynı şekilde, yeni ürün ağacı ve reçete çoklanması zorunluluğu da ortadan kalkmaktadır. Bunun yerine konfigüre edilebilen esnek kodlar yaratılıp, karakteristikler yardımı ile şekillendirilerek, müşteri ihtiyaçlarına cevap verilebilmektedir. Böylece sadece işletmenin üretim sürecini belirleyen ana ürün grupları kadar; mamul kodu ve proses türlerinin sayısı kadar da; yarı mamul kodu yaratılmış olacaktır. Böylelikle,

minimum kod sayısında kalarak, aynı zamanda stok yönetimini de etkileyecek bir kod karmaşasına da izin verilmemiş olacaktır [2].

Tüm bu uygulamaların sonucunda sipariş alındığı noktada yeni malzeme kodu, ürün ağacı ve planlama reçetesi yaratılması sureti ile kaybedilecek vakit tamamen ortadan kaldırılacak, bunun yerine sadece belirli karakteristiklerin değerlendirilerek siparişin şekillenmesi sağlanmış olacaktır. Böylece müşterilere tam zamanında ve istedikleri şekilde hizmet verebiliyor imkânı daha fazla yaşanacaktır [3].

Varyant konfigürasyon uygulaması göstermektedir ki özellikle müşterinin karar verdiği kompleks ürünler üretilen işletmelerde en uygun ürün yönetimi yapılarından birisidir. Hızlı sipariş ortamındaki bir değişiklik yoğun üretim yapısının özündeki karmaşıklık artırır. Uygulamada görüldüğü gibi her bir araç talebi oluşturan kendine özgü binlerce bileşenden meydana gelir ve sonuç olarak çok büyük bir ürün miktarı ve üretim verisinin yönetimi gerçekleştirilmek durumu ile karşı karşıya kalınır ve bu miktarlar ürün çeşitliliğine bağlı olarak artar. Bu kadar geniş ürün sayısı ve model varyantı ürün geliştirme süreçlerindeki veri seviyelerinde çok büyük karmaşıklığın oluşmasına sebebiyet verir.

Özetle belirtmek gerekirse yüksek yoğunlukta bir ürün konfigürasyonun desteklenmesi ihtiyacı siparişe dayalı ortamlarda kritiktir ve artan bir karmaşıklığa ve maliyete sahiptir [1]. Bu çalışma göstermektedir ki yoğun ve karmaşık üretim süreçlerine sahip olan işletmelerde gerek tasarım sürecindeki konfigürasyon ve ürün yapısı oluşturmada gerekse de üretim ve planlama süreçlerinin daha sağlıklı işleyebilmesinde varyant konfigürasyon uygulaması oldukça etkilidir ve bu yönüyle işletmenin gereksiz maliyetlerini azaltmada önemli rol oynamaktadır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Sap Ag, Managing Product Configuration In A High-Volume, Make-To-Order Environment, 2007.
- [2] S. Schwarze, P. Schönsleben, "Recent Developments In The Configuration Of Multiple-Variant Products, Institute Of Industrial Engineering And Management (Bwi)" Swiss Federal Institute Of Technology Eth Zürich , Pp. 243-254, 1998.
- [3] <http://global.sap.com/turkey/press.epx?pressid=4803>, Müşteriye Özel Ürün Üreten, Ambalaj, Tekstil, Metal Kâğıt Vb. Sektörler İçin Bir Esnek Yapılandırma Modeli, Erişim Tarihi: 10.04.2014.
- [4] E. Veen, J. Wortmann, "New Developments In Generative Bom Processing Systems", Production Planning & Control, 1992.
- [5] Sundaramoorthy, G., Variant Configuration Kt Doc, 2008.
- [6] K. Edwards, L. Pedersen, "Product Configuration Systems -Implications For Product Innovation And Development", Department Of Manufacturing Engineering Technical University Of Denmark, 2004
- [7] D. Rebecca, P. Ward, G. Milligan, W. Berry, "Approaches To Mass Customization: Configurations And Empirical Validation", Journal Of Operations Management, 605-625, 2000.
- [8] U. Blumöhr, M. Münch, M. Ukalovic, "Variant Configuration With Sap", 2009.
- [9] F. Sandstrom, "Product Structures And Product Configuration", Master's Thesis, Lulea University Of Technology, 2009.
- [10] G. J. Fazio "Getting The Facts On Rule-Based Product Configuration", In: 1994 APICS Conference Proceedings, P.E12-E13.
- [11] T. Mannisto, "Towards Management of Evolution in Product Configuration Data Models", 1998.
- [12] A.J. Trappey, T. Peng, H.D. Lin, "An Object Oriented Bill Of Materials System For Dynamic Product Management", Journal Of Intelligent Manufacturing, Volume 7, Pp. 365-371, 1996.
- [13] Batchelor, J., Andersen, H., R., "Bridging The Product Configuration Gap Between Plm And Erp – An Automotive Case Study, 2009.
- [14] Hua, H., The Application Of The Assembly Data Management Model In Manufacturing Companies. Sanya, S. N. China, 2012
- [15] Kashkoush, M., Elmaraghy, H., Matching Bills Of Materials Using Tree Reconciliation. *Procedia Cirp*, Volume 7, P. 169 – 174, 2013
- [16] S. Schwartze, "Configuration Of Multiple Variant Products", Bwi, Zürich, 1996.
- [17] A. C. Prasad, "Variant Configuration Overview", Erişim Tarihi:12.10.2013.
- [18] <http://scn.sap.com/docs/doc-25224>, erişim tarihi: 05.01.2013.
- [19] Sap Ag, Release 4.6c, Varyant Configuration(Lo-Vc), 2001.