

# KİTLESEL KİŞİSELLEŞTİRME SİSTEMLERİNDE ÜRÜN AĞAÇLARININ İLİŞKİSEL VERİ TABANI KULLANIMIYLA GÖSTERİMİ

Ali Orhan AYDIN<sup>1</sup>, Aşkın GÜNGÖR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Egekom Ltd., Yazılım Geliştirme Bölümü

<sup>2</sup>Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

## ÖZET

Bu çalışma ile çok-ürünlü ve çok-süreçli imalat sistemleri için Ürün Ağaçlarının (ÜA) hiyerarşik bir şekilde oluşturulması amacıyla bir yöntem ortaya konulmaktadır. Ürün Ağacı üretim süreçleri sırasına bağlı olarak seviyelere ayırılmakta ve Ürün Ağacına ilişkin bilgi kısımlandırılarak tanımlanmaktadır. Bu bilgi ilişkisel bir veri tabanında depolanmakta ve Ürün Ağaçlarına ait bu bilgiler sistematik bir yöntemle bir araya getirilmekte böylelikle herhangi bir ürünün Ürün Ağacı otomatik olarak oluşturulmaktadır.

Önerilen çalışmanın temel hedefi Ürün Ağaçları tanımlanırken veri girişini en azlamaktır. Bu yöntem, Ürün Ağaçlarını oluşturan bilgiyi bir veri tabanında depolamak suretiyle sistematik bir kullanım olanağı sağlamaktadır. Önerilen yöntem, herhangi bir sistem için malzemelerin tanımlanmasında ve Ürün Ağaçlarının oluşturulmasında, her bir sürece ilişkin girdi/çıkıtı miktarlarının belirlenmesinde ve bu sayede üretim süreçlerinin izlenebilirliğini kolaylaştırmada kullanılabilirliktedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ürün Ağaçları (ÜA), Kitleseleştirme (KK)

## ABSTRACT

This paper describes a method for hierarchically developing Bills-of-Materials (BOMs) for multi-product and multi-process production systems. In the proposed approach, BOM is separated into levels for the corresponding processes. This information is stored in a relational database and these information partitions of BOMs are put together in a systematic manner. In other words, BOM of a product is generated in an automated way.

The main objective is to minimize the data entry while representing BOMs. This method gives usage opportunity by storing the information in a data base environment. This method can be used for defining materials, generating BOMs, determining required input/output quantities for each process which also benefits to backtracking of the production processes.

**Keywords:** Bills-of-Materials (BOM), Mass Customization (MC)

## GİRİŞ

Kitlesele Kişiselleştirme (KK; Mass Customization, MC) nedeni ile imalat sistemleri kısalan ürün yaşam çevrim sürelerinin ve büyük ürün çeşitliliğinin baskısı altında kalmaktadırlar [1-3]. KK sistemlerinde ürün özellikleri her bir müşteri tarafından tanımlanabilmekte ve dolayısıyla her bir yeni ürüne ait Ürün Ağacının (ÜA; Bill-of-Materials, BOM) mevcut ürünlere benzer bileşenler içerip içermediği göz önüne alınmaksızın mevcut sisteme yeniden tanımlanmaktadır [2, 4, 5].

Her geçen gün, KK sistemlerinde tüketim ürünlerinin karmaşıklığı ve farklılığı artmakta dolayısıyla pek çok ortak noktaya ve aynı zamanda belirgin farklılıklara sahip ürünler doğmaktadır [3]. Ürün Ağaçlarının da her bir ürün için ayrı ayrı tanımlanması sistemde tutulan veri miktarının aşırı düzeyde artmasına neden olmaktadır [2]. Bu nedenle, Ürün Ağaçlarının etkin gösterimini sağlamak KK sistemleri için hala büyük bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır [6].

İmalat sistemlerinin karmaşıklaşmasının sonucu olarak bilgisayarların ve Bilgi Teknolojilerinin (BT) bu işlevleri yerine getirmek üzere kullanılması kaçınılmaz bir hal almaktadır [7, 8]. Bu nedendir ki, Bilgi Teknolojilerinin kullanılmasıyla Ürün Ağaçlarının etkin gösterimini sağlamak KK sistemlerinin en büyük gereksinimlerindedir [4].

Bu bakış açısı ile gerçekleştirilen bu çalışmada, Ürün Ağaçlarının tanımlanmasında etkinliğin sağlanması için Ürün Ağaçlarını oluşturan bilginin veri tabanı ortamında depolanması sağlanmaktadır. Bu veri depolanırken Ürün Ağaçlarını oluşturan bilgi kısımlandırılmaktadır. Ardından sistematik bir yöntemle kısımlandırılan bilgi bir araya getirilmekte ve bu sayede Ürün Ağaçlarının her bir ürün için oluşturulabilmesi hedeflenmektedir. ÜA bilgisinin kısımlandırılması ile de, birbirlerine benzer özelliklere sahip ürünlerin ortak bazı bilgilerden yararlanabilmesi sağlanmaya çalışılmaktadır.

Ürün Ağaçlarını oluşturan bilginin kısımlandırılması ve kısımlandırılan bu bilginin ilişkisel bir veri tabanında depolanması suretiyle Ürün Ağaçlarının etkin bir gösterimini sağlamayı hedefleyen bu çalışmanın ikinci bölümünde konuya ilişkin geçmiş çalışmalar incelenmektedir. Üçüncü bölümde önerilen yöntemin detayları ve Ürün Ağaçlarının sistematik bir şekilde oluşturulması amacıyla geliştirilmiş olan algoritma aktarılmaktadır. Çalışmanın son bölümünde ise sonuç ve değerlendirmelere yer verilmektedir.

## LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

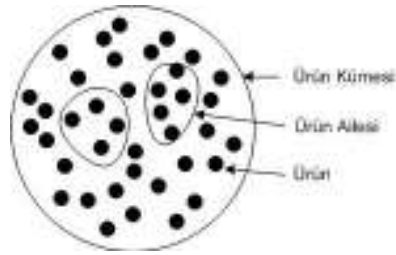
Kitlesele Kişiselleştirme nedeni ile son yirmi yıldır üreticiler çok büyük ürün çeşitliliğinin baskısı altında kalmaktadırlar [3]. Davis [4] Kitlesele Kişiselleştirme kavramını her bir müşteri için ayrı ayrı ürün ve servis sağlayabilme becerisi olarak tanımlamaktadır. Bazı araştırmacılar Kitlesele Kişiselleştirme sistemlerini geniş ölçekli ürün ve servis vererek her bir müşterinin belirli özel ihtiyaçlarını karşılayabilen, Bilgi Teknolojilerini, esnek süreçleri ve organizasyonel yapıları kullanan yapılar olarak tanımlamaktadırlar [3].

Da Silveria ve arkadaşları [3] tarafından belirtildiği üzere, KK sistemleri üç ana fikrin üzerine doğmuştur. İlk ilke, yeni esnek imalat yöntemleri ve bilgi teknolojilerinin kullanılması ile daha düşük maliyetle daha yüksek çeşitlilikte dağıtım yapmaktır. İkinci ilke, çok çeşitli ve kişiselleştirilmiş ürünlerin talebinin artışıdır. Sonuncu ilke ise, yeni üretim stratejilerinin önünü açan endüstriyel rekabet şartları ve ürün yaşam çevrim süresinin kısalmasıdır [3].

KK sistemlerinin en yaygın örneklerini tekstil, şeker, otomotiv, havacılık ve tıbbi cihaz sanayileri oluşturmaktadır [1, 9]. Bu sistemlerde KK'nin doğası gereği, ürün özellikleri her bir müşteri

tarafından ayrı ayrı tanımlanabilmektedir. Bu durum, her bir ürünün yapılması için gereken tüm parçaların ve malzemelerin listesi olan Ürün Ağaçlarının (ÜA; Bill-of-Materials, BOM) ayrı ayrı tanımlanmasına neden olmaktadır [2, 5, 10, 11].

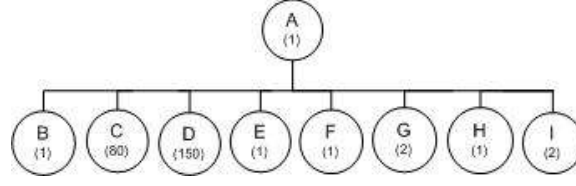
KK sistemlerinin yapısı, tüketim ürünlerinin kompleksliğini ve farklılığını artırmakta dolayısıyla pek çok ortak noktaya ve aynı zamanda belirgin farklılıklara sahip ürünlerin doğmasına neden olmaktadır [3]. Ommering [12, 13] ürün kümesini pek çok ortak noktaya ve pek çok da farklılığa sahip ürünler olarak nitelemektedir. Ayrıca ürün ailelerinin tanımını pek çok ortak noktaya sahip ve az sayıda farklılık içeren ürünler olarak nitelemektedir [12]. Bu çalışmada, ürün ailesi terimi ürün kümesinin sadece bir alt kümesini kapsamaktadır. Buna ilave olarak, ürün kümesi terimi ile ifade edilen set sadece pek çok ortak noktaya sahip ve belirgin farklılıklara sahip ürünleri değil bunun yanı sıra Şekil 1'de gösterildiği üzere ürün ailelerini de kapsamaktadır.



**Şekil Hata! Yer işareti tanımlanmamış.. Ürün Kümesinin ve Ürün Ailesinin Gösterimi.**

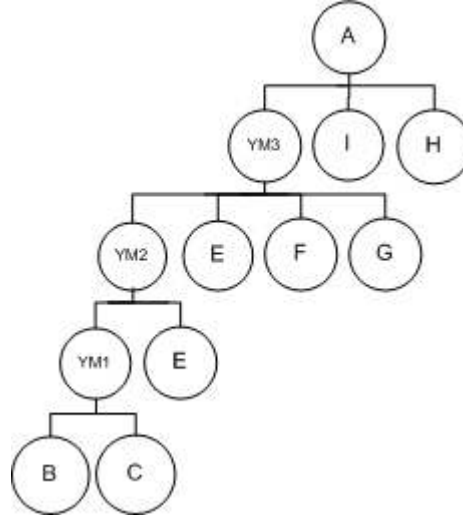
Cox ve Blackstone [14] Ürün Ağaçlarının formül, reçete veya cüz olarak aldırılabilirliğini belirtmektedirler. Ürün Ağaçlarının veri organizasyonu ve gösterim şekli ÜA'larının yapısı olarak adlandırılmaktadır [11, 15]. Ürün Ağaçları pek çok değişik gösterim şekline sahiptir. En kolay gösterim yöntemi ise Tek-Seviyeli Ürün Ağacıdır (TS-ÜA). TS-ÜA bir ürün için tüm yardımcı malzeme ve hammadde gereksinimi içermektedir [11]. Bu çalışmada, ürün terimi ile nihai ürün kastedilmektedir. Tek-Seviyeli Ürün Ağaçlarının gösterimi gerçekleştirilirken bazı araştırmacılar ürün kavramının yerine anne (parent) terimini kullanmaktadırlar. Bununla birlikte bu çalışmada olduğu gibi, anne kavramının hem nihai ürünü hem de yarı-mamulu ifade etmek için kullanıldığı göz ardı edilmemelidir, sadece TS-ÜA'larında anne ile ürün kastedilmektedir.

Bu çalışmada ÜA'nın gösteriminde örnek teşkil etmesi amacı ile bir tekstil ürünü olan havlu ele alınacaktır. Bir tekstil konfeksiyon imalat sisteminde havlu üretiminin yapıldığını ve sistemin doğrudan ilk girdisi olan hammaddenin boyanmış ham havlu olduğu varsayılırsa, nihai mamul olan havlunun üretimi için verilmiş olan süreçlerin birbirini takip eden sırada şu şekilde olduğu kabul edilebilecektir: havlunun kısa kenarının kesimi, havlunun kısa kenarının dikimi, havlunun uzun kenarının kesimi, havlunun uzun kenarının dikimi, nakış işleme, aksesuar takma ve paketleme. Sistemin diğer hammaddeleri iplik, aksesuar ve paketleme malzemeleridir. İmalatın ve ürünün yapısı nedeni ile birden çok çeşitte iplik, aksesuar ve paketleme malzemesi kullanılabilir. "A" isimli bir havluyu üretmek için "B" isimli ham boyanmış havlu topunun, "C ve D" isimli iki değişik ipliğin, "E, F, G" isimli üç değişik aksesuarın ve "H ve I" isimli iki ayrı paketleme malzemesinin kullanıldığı varsayımı altında; bir birim A ürününün üretimi için Tek-Seviyeli Ürün Ağacının ağaç çizgesine ait gösterim Şekil 2'de verilmektedir. Şekilde gösterildiği üzere Ürün Ağaçlarının ağaç çizgesinde gösterimi tüketim miktarlarını içermektedir.



**Şekil 2.** A Ürünü İçin Tek-Seviyeli Ürün Ağacının Ağaç Çizgesi İle Gösterimi.

Nihai ürünün imalatında kullanılan tüm bileşenlerin gösterildiği Ürün Ağacı yapısı Çok-Seviyeli Ürün Ağaçları (ÇS-ÜA) olarak adlandırılmaktadır. ÇS-ÜA'ları pek çok katmandan oluşan bir ağaç yapısında gösterilebilmektedir [11]. Şekil 3'te A ürünü için Çok-Seviyeli Ürün Ağacı yapısına uygun ağaç çizgesinin gösterimi verilmiştir. Çalışmanın bu aşamasında yarı-mamullerin açık adlarının yerine YM1, YM2 ve YM3 yapısı kullanılmıştır. Belirtilmiş olduğu üzere TS-ÜA'larında olduğu gibi ÇS-ÜA'larının gösteriminde de tüketim miktarları verilebilmektedir ancak çalışmanın bu aşamasında bu bilginin gösterimi verilmemiştir.



**Şekil 3.** A Ürünü İçin Çok-Seviyeli Ürün Ağacının Ağaç Çizgesi İle Gösterimi.

Ürün kümesindeki her bir ürünün Ürün Ağaçları üzerinden gösteriminde genel yöntem her bir ürün için ayrı bir Ürün Ağacı tanımlamaktır. Bu yöntem sınırlı sayıda ürün çeşitliliğinin söz konusu olduğu durumlarda uygun bir çözüm sağlamaktadır. Brander ve Karlsson [15] pek çok malzeme içeren ve ürün çeşitliliği fazla olan sistemlerde Ürün Ağaçlarının oluşturulmasının ne denli güç olduğunu ifade etmektedirler. Karmaşık ürün yapılarının ve benzer ürünlere ait pek çok varyantın söz konusu olduğu sistemlerde, her bir ürünün Ürün Ağaçlarının ayrı ayrı tanımlanmasından kaynaklı olarak aşırı miktarda benzer verinin sisteme tanıtılması ve sistemde depolanması büyük bir güçlüğü neden olmaktadır [6, 15]. Bu sorunların çözümüne yönelik olarak Genelleştirilmiş Ürün Ağaçları (GÜA; Generic Bill-of-Material, GBOM) yapısı ileri sürülmektedir.

İlk Genelleştirilmiş Ürün Ağaçları yapısı Wedekind ve Müller [16] tarafından gramer-tabanlı bir metot olarak Genelleştirilmiş Ürün Ağacı Çizgesi (GÜAÇ) adıyla ileri sürülmüştür ancak bu yöntem istenilen genelleştirme ihtiyacını karşılayabilecek nitelikte tasarlanamamıştır. Diğer bir erken dönem çalışması olan Schönsleben'in Variantengenerator'ı da bu dönemde ortaya çıkmıştır [6]. Variantengenerator bağımsız parametrelere değerler atanması ile oluşturulan bir Ürün Ağacı yapısına sahiptir [17].

Van Veen ve Wortmann [18, 19] Variantengenerator'u Genel Ürün Ağacı İşleme Sistemi (GÜAİS; Generative Bill-of-Material Processing System) ile geliştirmiştir. Bu sistem anne malzemeleri çocuk çeşitliliğine göre kısıtlandırmaktadır. Anne terimi bazı hammadde ve yarı-mamullerin kullanımı ile elde edilen ürün veya yarı-mamulü ifade etmektedir. Çocuk terimi ise herhangi bir mamul veya yarı mamulün üretimi için gereken girdi maddeleri ifade etmektedir. Anne ve çocuk ilişkisi Şekil 3'de gösterimi verilen A ürünü için ifade edilirse YM3, H ve I malzemelerinin annesi A ürünüdür. Diğer bir ifade ile A ürününün çocukları YM3, H ve I malzemeleridir.

1991 yılında Hegge ve Wortmann [20] Genelleştirilmiş Ürün Ağaçlarını (GÜA) yeni bir ürün modeli olarak ifade etmişlerdir. Bu metot her ürün varyantı için genelleştirilmiş alternatifler içeren bir Ürün Ağacı yapısı ortaya koymaktadır. Ancak bu çalışmada anne-çocuk ilişkisi açık bir şekilde belirlenememiştir dolayısıyla imalat sistemlerinin beklentilerine uygun yöntem sağlanamamıştır [6].

Jiao ve arkadaşları [21] Hegge'nin GÜA'larını rotalama bilgisi ile bütünleştirerek, Ürün Ağaçları ve Operasyonlar (ÜAO) isimli bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntem operasyonların alternatiflerinin oluşturulmasına olanak vermektedir ancak alternatif malzeme kullanımına olanak sağlayamamaktadır [6]. Yakın dönemde geliştirilmiş olan bu yöntemler (GÜAİS, GÜA ve ÜAO) genel bir ürün ailesi yapısını benimsemektedirler. Erken dönem yöntemleri ise (GÜAÇ, Variantengenerator) grup teknolojisi ve el ile kümeleme yöntemlerini kullanmaktadır [1, 21].

Ramabhata ve arkadaşları [22] Nesne-Yönelimli açık grup teknoloji temelli ürün modelini kullanmışlardır. Chung ve Ficher [23] de Nesne-Yönelimli modellemeyi Ürün Ağaçları için kullanmışlardır ancak Ürün Ağaçlarını genelleştirememişlerdir. Bu yöntemlerin temel eksikliği her bir ürüne ait tüm varyantlara ait parametreler setine ihtiyaç duymalarıdır. Bunun yanı sıra bu yöntemler bu parametrelerin tanımlanması sürecini tam olarak açıklayamamakta dolayısıyla destekleyememektedirler [6].

Son dönem araştırmalarında bilgi teknolojilerinin getirdiği olanaklar kullanılmakta ve böylece GÜA gösterimi sağlanmaya çalışılmaktadır. Olsen ve arkadaşları [2] Prosedür-Yönelimli Genelleştirilmiş Ürün Ağacı yöntemini 1997 yılında ortaya koymuşlardır. Bu yöntem programlama dili notasyonunun kullanımı ile genelleştirilmiş yapının oluşturulmasını önermektedir. Bu yöntem herhangi bir ürünün olası bütün varyantlarının setinin tanımlanmasını olanaklı kılmaktadır. Kullanıcı herhangi bir ürünün varyantına ait Ürün Ağacını bu sayede oluşturabilmektedir. Bu yöntemde Genelleştirilmiş Ürün Ağacı çalıştırıldığında kullanıcı tanımlamaları dinamik olarak sisteme aktarılmaktadır [2]. Bir diğer yöntem ise, Romanowski ve Nagi [1] tarafından ileri sürülmüştür ve veri madenciliği ile çizge teorisini kullanmaktadırlar. Ürün Ağaçlarının oluşturulması sürecini bu uygulama sayesinde otomatikleştirmektedirler. Bu oluşturma sürecinin sonucunda Genelleştirilmiş Ürün Ağaçları elde edilmektedir ve bu yapı Uzatılabilir İşaretleme Dili (eXtensible Markup Language, XML) aracılığı ile sunulmaktadır [1].

GÜA ürün ailelerinin oluşturulabildiği sistemlerde veri patlaması sorununa çözüm getirilebilmektedir [6]. Ancak, GÜA yönteminin kısıtlı sayıda süreçler setinin uygulanması ile benzer yarı-mamul ve hammadde kullanan imalat sistemlerinde uygulamak mümkün gözükmemektedir [24]. Dolayısıyla, modern imalat sistemleri özellikle de KK sistemleri için, Ürün Ağaçlarının gösteriminde aşırı veri sorununu çözebilecek genelleştirme olanağı sağlamak büyük bir ihtiyaçtır.

Da Silveria ve arkadaşlarının [3] vurguladığı üzere modern imalat sistemlerinin özellikle KK sistemlerinin başarısı yüksek ölçülerde iyi tasarlanmış ve bütünleşik bilgi sistemlerine bağlıdır.

Bunun yanı sıra KK sistemlerinde içsel ve dışsal süreçler de bu yapı ile doğrudan bağlantı içinde olmalıdır. Bu ancak bilgi teknolojilerinin bu alanda da kullanımı ile elde edilebilecektir [7]. Üretim Kaynakları Planlama, Kurumsal Kaynak Planlama, Genişletilmiş Kurumsal Sistem ve benzeri iş süreçlerini bütünleştiren Bilgi Teknolojileri uygulamaları sayesinde içsel ve dışsal iş birimleri için gereken entegrasyon sağlanabilmektedir [25, 26]. Bu bakış açısı ile bu çalışmada, geliştirilecek olan Ürün Ağacı gösteriminin bir yandan istenilen genelleştirmeyi sağlayabilecek ve iş süreçlerini bütünleştirebilen Bilgi Teknolojisi uygulamaları ile işleyebilecek bir yapıda oluşturulması hedeflenmektedir.

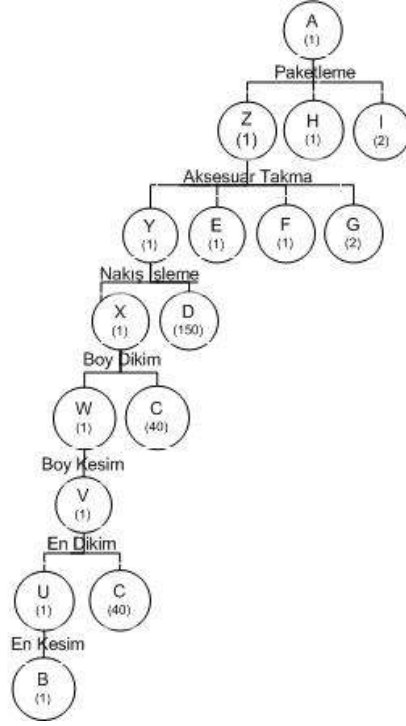
## **ÖNERİLEN YÖNTEMİN DETAYLARI**

Belirtilmiş olan gereklilikler göz önüne alınarak önerilmekte olan yöntemin detayları ilerleyen alt bölümlerde aktarılmaktadır.

### **Ürün Ağaçlarının Gösterimi**

Önerilen yöntem çok-ürünlü ve çok-süreçli imalat sistemleri için ilişkisel bir veri tabanı üzerinde Ürün Ağaçlarının gösterimini sağlayarak veri girişini en azlayabilmeyi hedeflemektedir. Bu yöntemde, Ürün Ağaçlarını oluşturan bilgi kısımlandırılmış ve süreç sırasına göre oluşturulan Ürün Ağaçları süreçlere uygun seviyelere ayrılmıştır.

Ürün Ağaçlarının oluşturulmasındaki ilk adım ürünlerin ve bu ürünlerin eldesi için uygulanması gereken süreçlerin belirlenmesidir. Müşteri odaklı imalat sistemlerinde, ürünlerin tanımlanması sipariş alma sürecinde gerçekleşmektedir. Siparişi verilen ürünlerin bazıları sistem için yenidir, sistemde zaten mevcuttur veya mevcut bir ürünün bir varyantıdır. Ürün ister sistem için yeni olsun ister de mevcut bir ürün olsun, siparişin alınması esnasında ürün tanımlamaları elde edilebilmektedir. İfade edilmekte olunan ürün tanımlamaları kabaca ürüne uygulanacak süreçlerin, her bir sürece ilişkin girdilerin/çıktıların neler olduğunun ve girdi/çıkıtı miktarlarının ne kadar olduğunun bilgisini içermektedir. Burada önemli olan husus, sistemde veri patlamasını önleyebilmek için bu bilgilerin gösteriminin nasıl gerçekleştirilmesi gerektiğidir.

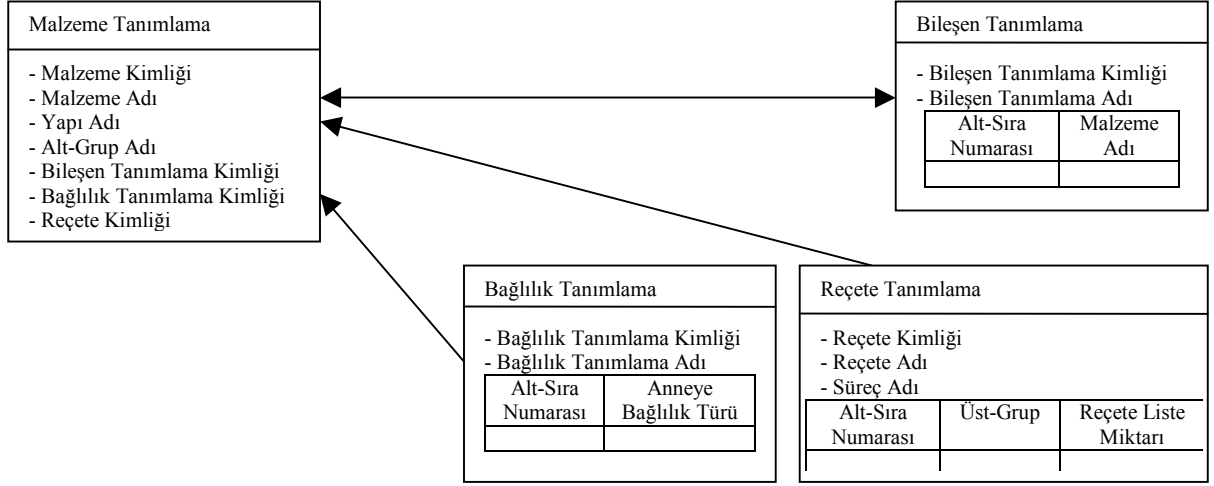


**Şekil Hata! Yer işareti tanımlanmamış.. Önerilen Yönteme Göre A Ürününün Sürece Bağlı Çok-Seviyeli Ürün Ağacı Gösterimi.**

Önerilmekte olan yaklaşımda belirtilmiş olduğu üzere Ürün Ağacı süreç sırası gözetilerek oluşturulmaktadır dolayısıyla önerilen Ürün Ağacına ilişkin ağaç çizgesinin gösterimi Şekil 4'de Çok-Seviyeli Ürün Ağacı olarak verilmiştir. Bu tür ağaç çizgesi gösteriminde yarı-mamuller de gösterilmektedir. Daha önce Şekil 3'de verilmiş olan gösterimde yarı-mamullere belirli bir isim atanmamıştı. Şekil 4'de A ürününün Ürün Ağacının Çok-Seviyeli gösterimi verilmiştir ve bu tür bir gösterimde yarı-mamuller ve onların isimlendirilerek sisteme tanıtılması önem göstermektedir. Bu nedenle çalışmanın bu aşamasında, en kesimin çıktısı U, en dikimin çıktısı V olarak adlandırılmıştır. Boy kesimin çıktısı W ve boy dikimin çıktısı X olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde nakışın çıktısı Y ve aksesuar takma sürecinin çıktısı Z olarak adlandırılmıştır.

Önerilen yaklaşımda süreçlere bağlı olarak Çok-Seviyeli Ürün Ağacı parçalara ayrılmaktadır. Bu bileşenler Çok-Seviyeli Ürün Ağaçlarına ait her seviyeye ait her bir bilgiyi içermektedir. Diğer bir deyişle, Çok-Seviyeli Ürün Ağacının her bir seviyesi bölünmüş ve Tek -Seviyeli Ürün Ağacı gibi kabul edilmiştir.

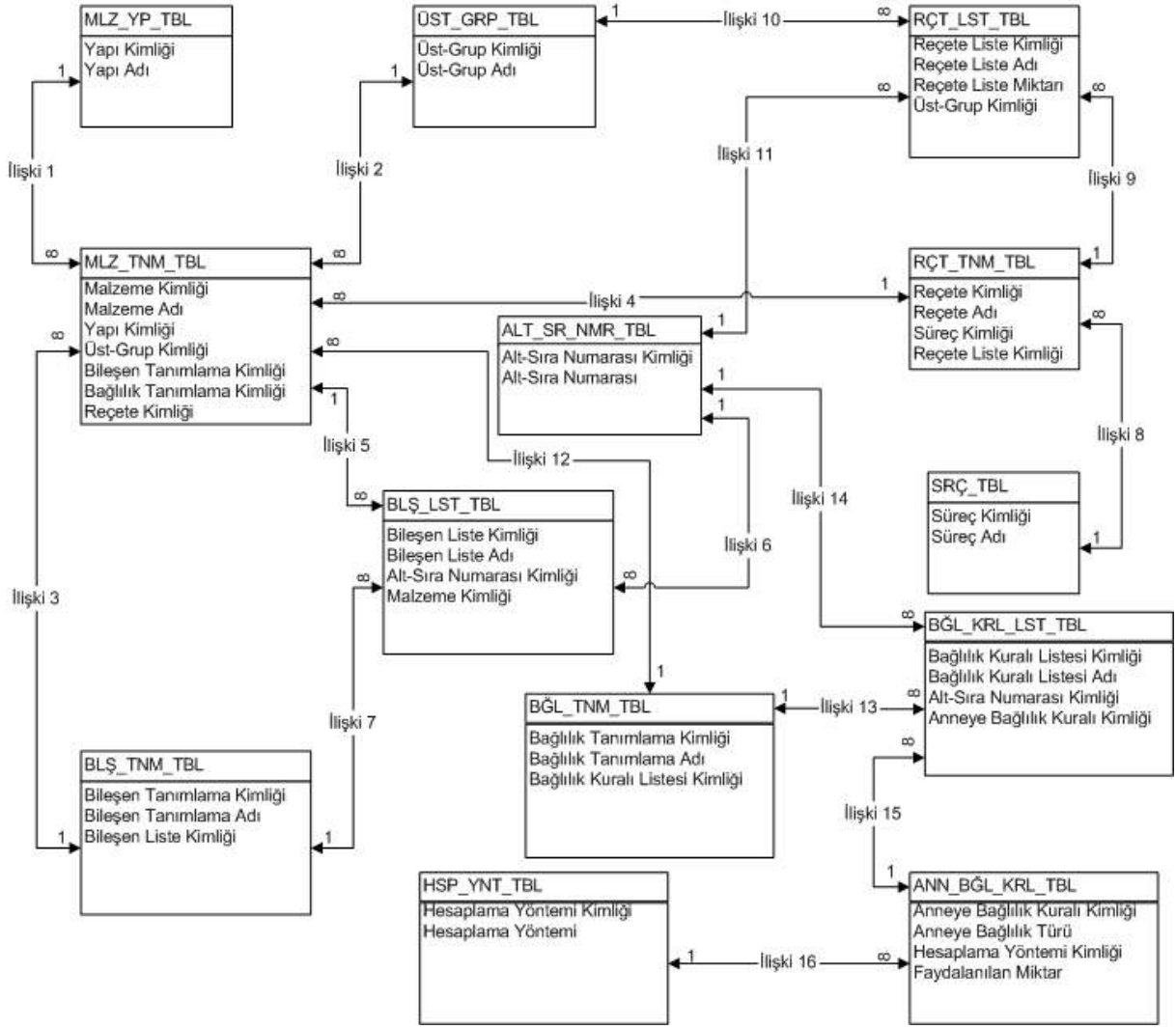
Ürün Ağaçlarının oluşturulması için bazı bilgiler gerekmektedir ve bu bilgiler belirli bir sürecin sonucunda istenilen ürünün oluşturulması için gereken bileşenlerin listesini ve bunların tüketim miktarlarını kapsamaktadır. Bu çalışmada, bileşen kavramı, yarı-mamul, hammadde ve yardımcı malzemelerin tamamını ifade etmektedir. Gösterim şekli kaynaklı olarak her bir bilgi ilgili sürece ilişkin derlenmektedir. Ürün Ağacına ait bilginin kısımlandırılması Şekil 5'de verilmektedir. Ürün Ağacına ait kısımlandırılmış bilgi malzeme tanımlarını, bileşenlerin tanımlamalarını, bağıllık tanımlamalarını ve reçeteleri kapsamaktadır. Sistematik bir yöntem ile bu kısımlandırılmış bilgi ürün kümesindeki herhangi bir ürün için Ürün Ağacının oluşturulması amacı ile bir araya getirilmektedir.



**Şekil 5.** Önerilen Ürün Ağacı Gösteriminde Bilginin Kısımlandırılması.

Önerilen yöntemin varlık ilişki çizeneği Şekil 6'da gösterilmektedir. Önerilen yöntemde malzemeler (yani; ürün, yarı-mamul, hammadde, yardımcı malzeme) tanımlanırken her birine ayrı birer kimlik verilmektedir, çünkü her bir malzeme sisteme bir kere tanıtılmaktadır. Malzeme tanımlamasına ait olan bilgi ilişkisel bir veri tabanında MLZ\_TNM\_TBL'nda tutulmaktadır.





**Şekil 6.** Önerilen Yöntemin Varlık İlişki Çizeneği.

Malzemeler tanımlanırken malzemelerin yapısı belirlenmektedir ve malzemelerin yapısı düğüm veya yaprak olarak bu çalışmada iki türde olabilmektedir. Yarı-mamuller ve ürünler düğüm olarak, hammadde ve yardımcı malzemeler yaprak olarak adlandırılmaktadır. Şekil 4'de görüldüğü üzere A, Z, Y, X, W, V ve U düğüm, H, I, E, F, G, D ve C ise yapraktır. Malzemelerin yapısına ilişkin bilgi Şekil 6'da verilmiş olan MLZ\_YP\_TBL'nda tutulmakta ve ilişki 1 ile malzeme tanımlama tablosuyla ilişki içerisinde.

Önerilen yöntemde, malzemeler, bir üst-grubun üyesi olarak tanımlanmaktadır. Örneğin, tekstil ürünleri imal etmekte olan sistemlerde havlu, bornoz, kumaş, vb... üst-gruplar mamuller için tanımlanabilecektir. Bu çalışmada, ilişkisel bir veri tabanında üst-gruplar ÜST\_GRP\_TBL'nda depolanmakta ve bu tablo Şekil 6'da gösterildiği üzere MLZ\_TNM\_TBL'yla ilişkilendirilmiştir.

MLZ\_TNM\_TBL, BLŞ\_TNM\_TBL ve BLŞ\_LST\_TBL ile ilişkilendirilmiştir. İlişki 3 ile ilgili malzemelerin üretimi için gereken bileşen tanımlamaları ilişkilendirilmiştir. RÇT\_TNM\_TBL ve MLZ\_TNM\_TBL ilişki 4 ile ilişkilendirilmiş ve bu ilişki ile bir reçete birden çok sayıda malzeme için kullanılabilir. Bu ilişkiler sayesinde, malzeme kimliği, malzeme adı, yapı kimliği, üst-grup kimliği, bileşen tanımlama kimliği ve reçete kimliği malzeme tanımlarının kapsamında kullanılabilir. Bu çalışmada, bileşenlerin listesine sadece düğümler sahiptir yani yarı-mamuller ve ürünler. İlişkisel veri tabanında BLŞ\_TNM\_TBL, bileşen tanımlama kimliğini, bileşen

tanımlama adlarını ve ilişki 7 ile de bileşen listesi bilgisini Şekil 6'da gösterildiği üzere içermektedir.

İlişkisel veri tabanı ortamında bileşen liste kimliği ve bileşen liste adları BLŞ\_LST\_TBL'nda tutulmaktadır. Bileşenler listesi malzeme isimlerini ilişki 5 ile alt-sıra numaralarını ilişki 6 ile elde etmektedir. Bileşen listesindeki malzemelerin sayısı istenilen çıktının elde edilmesi için gereken bileşenlerin sayısına eşittir. İlişkili olan üst-grup numarası reçetede, bileşen listesinde ve bağlılık kural listesinde aynı ürün için birbirine eşit olmalıdır.

Belirtilmiş olduğu üzere Ürün Ağacı süreçlerin sırasına bağlı olarak gösterilmektedir. Reçeteler ve süreçler yani RÇT\_TNM\_TBL ve SRÇ\_TBL ilişki 8 ile birbirine ilişkilendirilmiştir. Bu yöntem için gereken süreç kimlikleri ve süreç isimleri SRÇ\_TBL'nda tutulmaktadır.

Ürün Ağaçlarının oluşturulmasındaki diğer bir aşama reçetelerin oluşturulmasıdır. Bu çalışmada, reçete ile Ürün Ağacının farklı kavramlar olarak kullanıldığını belirtmekte fayda bulunmaktadır. Çalışmada, reçete Ürün Ağaçlarının sadece bir bölümünü oluşturmakta ve tüketim miktarlarına ait bilgileri içermektedir. Üst-gruplara ve tüketim miktarlarına ait bilgiler reçetelerde bulunmaktadır. Reçeteler süreçlerle ilişki 8 ile ilişkilendirilmiş ve bu sayede bir sürece ait birden çok reçete kullanılabilir.

Reçetelerin bilgilerini oluşturan iki tablo bulunmaktadır ve bunlar RÇT\_TNM\_TBL ve RÇT\_LST\_TBL'dur. Bu iki tablo ilişki 9 ile veri tabanı ortamında ilişkilendirilmiştir. RÇT\_LST\_TBL'nda reçete liste kimliği, reçete liste adı, alt-sıra numarası ve tüketim miktarları bulunmaktadır. İlişki 10 ile RÇT\_LST\_TBL ve ÜST\_GRP\_TBL ilişkilendirilmiştir. Aynı üst-gruba ait iki malzeme bir tek reçete içerisinde bulunmakta ise alt-sıra numaraları ile bunların aralarındaki ayırt edicilik sağlanmaktadır ve bu ALT\_SR\_NMR\_TBL ve RÇT\_LST\_TBL arasındaki ilişki 11 ile sağlanmaktadır.

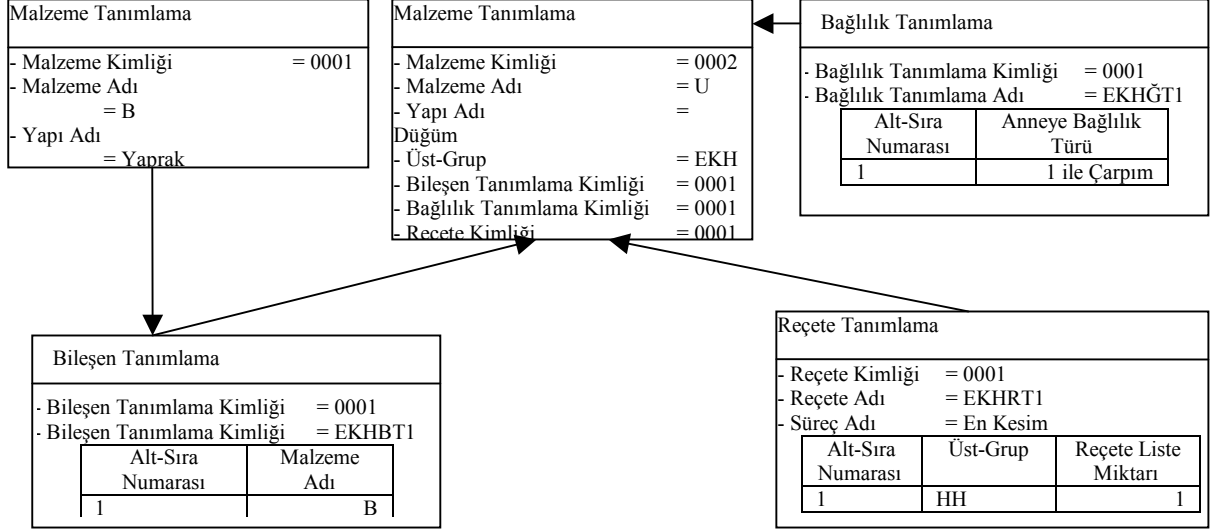
Bu çalışmada veri giriş miktarının en azlanması maksadı ile anneye bağlılık kuralları bulunmaktadır. Bazı süreçlere ait olan çıktıların bazı özellikleri malzemelerin tüketim miktarları üzerinde etkili olmaktadır. Tüketim miktarı sürecin çıktısının niteliklerine göre değişiklik gösteren malzemeler bu çalışmada anneye-bağlı-bileşenler olarak adlandırılmaktadır.

MLZ\_TNM\_TBL ile BĞL\_TNM\_TBL arasında bulunan ilişki 12 aracılığı ile bileşenler listesinde bulunan malzemelerin anneye bağlılıklarının türleri düğümler ile ilişkilendirilebilmektedir. Bağlılık tanımlama kimliği ve bağlılık tanımlama adı bilgilerini barındıran BĞL\_TNM\_TBL ilişki 13 ile BĞL\_KRL\_LST\_TBL ile ilişkilendirilmiştir.

Anneye bağlılık kurallarının kimliğini ve anneye bağlılığın türünü ANN\_BĞL\_KRL\_TBL kapsamaktadır. İlişki 14 ile alt-sıra numaraları ve ilişki 15 ile de anneye bağlılığın türleri BĞL\_KRL\_LST\_TBL'na ilişkilendirilmiştir. İlişki 16 ile HSP\_YNT\_TBL ile ANN\_BĞL\_KRL\_TBL ilişkilidir. Bu ilişkilerin kullanımı ile anneye bağlılık kuralları bileşenlerin tüketim miktarlarının hesaplanmasında kullanılabilir.

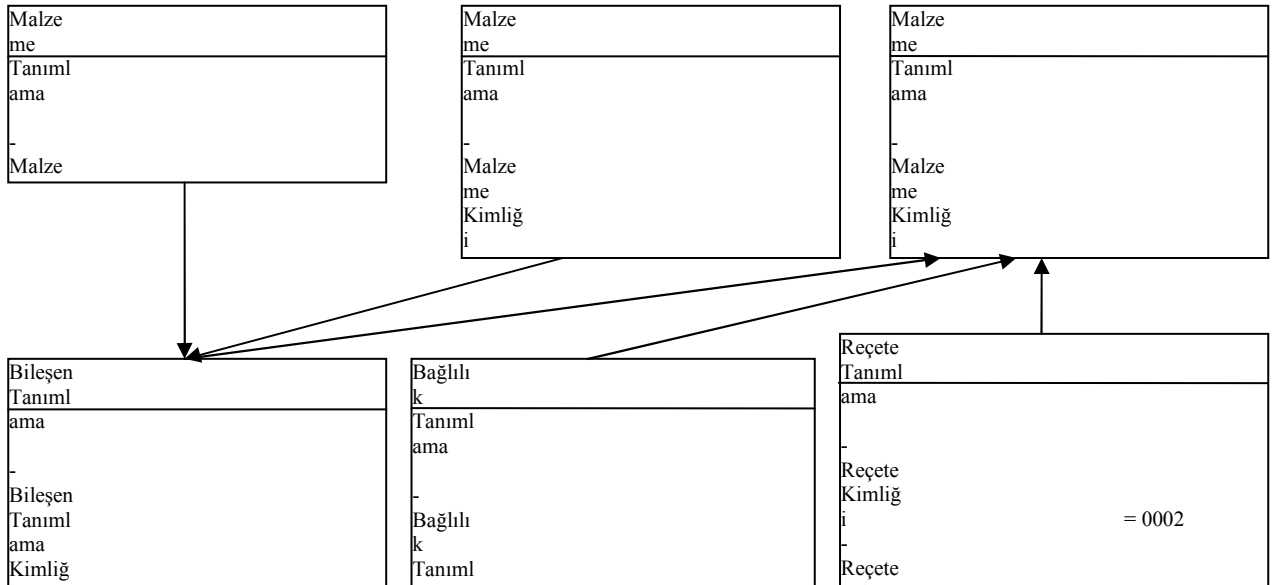
Anneye-bağlı-olmayan bileşenlerin bağlılık türü şu şekilde tanımlanabilecektir: HSP\_YNT\_TBL'nda hesaplama yöntemi çarpım işlemi olarak ve ANN\_BĞL\_KRL\_TBL'nda faydalanılan değer bir olarak seçilebilir. Bu sayede; ilgili bir birim çıktıyı üretmek için anneye-bağlı-olmayan-bileşenlerin RÇT\_LST\_TBL'ndaki tüketim miktarları hesaplanırken bir ile çarpımı yapılır yani tüketim miktarı çıktının özelliklerine göre tüketim miktarı değişmemektedir. Bağlılık türü bilgisi tüketim miktarı hesaplama yöntemini vermekte ve gereken miktarlar ilişki 15 ile elde edilmektedir.

Bu ilişkiyel yapı sayesinde her bir düğüm bileşen listesine, bağıllık listesine ve reçete listesine sahiptir. Bu bakış açısı ile, bir bileşen listesi birden çok malzeme ile, bir bağıllık listesi birden çok malzeme ile, ve bir reçete birden çok malzeme ile kullanılabilir.



Şekil 7. A Ürünü İçin Önerilen Yöntemin Yedinci Seviyesine Ait Bilgi Kısımlandırma Yapısı

Önerilen yöntem için A ürününe ait altıncı ve yedinci seviye ürün ağacı bilgisinin kısımlandırılması Şekil 7 ve Şekil 8'de verilmiştir. Şekil 8'de görüldüğü üzere iplik üst-grubundaki girdinin tüketim miktarı en dikim sürecinin çıktısına bağlıdır. Bu nedenle C'nin anne bağıllık türü kendi üst grubunda belirlenmiş olan tüketim miktarına bağlı olarak belirlenmektedir. Diğer seviyelere ilişkin gösterim de benzer şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Bu bakış açısı ile, bu bilgi kısımlandırması Şekil 6'da verilmiş olan ilişkiyel veri tabanında tutulabilmektedir.



**Şekil 8.** A ürünü için önerilen yöntemin altıncı seviyesine ait bilgi kısımlandırma yapısı.

Bu kısımlandırmanın ilişkisel veri tabanında tutulması sayesinde veri girişinin en azlanması hedeflenmekte ve bu sayede Ürün Ağaçlarının sistematik bir şekilde oluşturulmasını sağlayacak bir algoritmanın sonraki alt bölümde önerilmektedir.

### Ürün Ağaçlarının Oluşturulması

Önerilmekte olan yöntem ile Ürün Ağaçlarının oluşturulması için tasarlanmış olan algoritma aşağıda verilmektedir. Belirli bir sistemde tüm malzemelere ilişkin tanımlamalar yapıldıktan sonra işletilecek olan bu algoritma yardımı ile ürün kümesinde bulunan tüm ürünlere ait Ürün Ağaçları oluşturulabilmektedir.

*Adım 1.* Ürün Ağacı oluşturulacak olan ürünü düğümlerin listesine ( $DL_i$ ) ekle ve yürürlükteki Ürün Ağacı seviyesinin anne malzeme tüketim miktarını ( $atm$ ) bir olarak ata.

*Adım 2.* Yürürlükteki Ürün Ağacı seviyesini ( $ys$ ) sıfır olarak ata, oluşturulan Ürün Ağacı Listesini ( $BOM_{j,3}$ ) boş küme olarak ata.

*Adım 3.*  $DL_1$  değerini Ürün Ağacı oluşturulacak olan yürürlükteki düğüme ( $yd$ ) ata.

*Adım 4.* Yürürlükteki Ürün Ağacı seviyesini ( $ys$ ) bir artır.

*Adım 5.* Ürün Ağacı oluşturulacak olan yürürlükteki düğümün ( $yd$ ) reçete kimliğinden reçete listesini çağır ve reçete listesindeki alt-sıra numaralarını ve reçete liste miktarlarını yürürlükteki reçete listesine yaz ( $YRL_{k,2}$ ).

*Adım 6.* Ürün Ağacı oluşturulacak olan yürürlükteki düğümün ( $yd$ ) bağıllık tanımlama kimliğinden bağıllık kural listesini çağır ve bağıllık kural listesindeki alt-sıra numaralarını ve anneye bağıllık kuralı kimliklerini yürürlükteki bağıllık listesine yaz ( $YGL_{l,2}$ ).

*Adım 7.*  $YRL_{k,2}$  ve  $YGL_{l,2}$ ' yi alt-sıra numaralarına göre eşleştirerek verilen anneye bağıllık kuralının hesaplama yöntemini reçete liste miktarı ile faydalanılan miktarı kullanarak bağıl miktarı hesapla ve bağıl miktar listesine ( $BML_{m,2}$ ) aynı alt-sıra numarasında yaz..

*Adım 8.* Ürün Ağacı oluşturulacak olan yürürlükteki düğümün ( $yd$ ) bileşen tanımlama kimliğinden bileşen listesini çağır ve bileşen listesindeki alt-sıra numaralarını ve malzeme kimliklerini yürürlükteki bileşen listesine yaz ( $YBL_{n,2}$ ).

*Adım 9.*  $BML_{m,2}$  ve  $YBL_{n,2}$ ' yi alt-sıra numaralarına göre eşleştir ve her bir malzemenin tüketim miktarını bağıl miktar ile yürürlükteki Ürün Ağacı seviyesinin anne malzeme tüketim miktarını ( $atm$ ) çarparak hesapla ve yürürlükteki Ürün ağacı seviyesini ( $ys$ ), yürürlükteki bileşen listesinde yer alan malzemelerin kimliklerini ve malzemelerin tüketim miktarlarını oluşturulan Ürün Ağacı listesinin ( $BOM_{j,3}$ ) sonuna ekle.

*Adım 10.* Ürün Ağacı seviyesi oluşturulmuş olan düğümü, düğümlerin listesinden ( $DL_i$ ) çıkar.

*Adım 11.*  $YRL_{k,2}$ ,  $YGL_{1,2}$ ,  $BML_{m,2}$  ve  $YBL_{n,2}$ 'yi boş küme olarak ata.

*Adım 12.* Eğer yürürlükteki ürün ağacı seviyesi (ys) için Ürün Ağacı listesinde ( $BOM_{j,3}$ ) yapı adı düğüm olan malzeme varsa düğümlerin listesinin ( $DL_i$ ) sonuna ekle.

*Adım 13.* Eğer  $DL_i$  boş küme değilse, düğümlerin listesinde ilk sırada olan malzemenin tüketim miktarını yürürlükteki Ürün Ağacı seviyesinin anne malzeme tüketim miktarına ( $atm$ ) ata ve Adım 3'e git.

*Adım 14.* Değilse, sonlandır.

## **SONUÇ ve DEĞERLENDİRMELER**

Bu çalışma ile ileri sürülmekte olan yöntem modern imalat sistemlerinde, özellikle KK sistemlerinde Ürün Ağaçları tanımlanırken veri girişi miktarını azaltmayı hedeflemektedir. Bu sistemlerde pek çok ürün ortak bazı bilgileri içermektedirler bilhassa bu durum sistemde tanımlı bir ürünün bir varyantı üretilirken söz konusu olmaktadır. Çoğunlukla bu çeşit ürünlerin ya bileşenlerinin listeleri, ya tüketim miktarları ya da süreçleri birbirine benzerlik göstermektedir. Bu görüşten hareketle ortaya konulan çalışmada, bilgi ne kadar ikiye bölünürse o kadar benzer bilgiye ihtiyaç duyan benzer Ürün Ağaçlarının ortak bilgi kullanımı sağlanabileceği ileri sürülmüştür. Böylelikle katı ürün ailesi tanımlamalarına bağlı kalmaksızın genelleştirilmiş bir gösterim hedeflenmiştir.

Bu çalışmada ortaya konulan bilgi kısımlandırmasının kullanılması yoluyla, bu yöntem KK sistemlerinin büyük ihtiyaçlarından biri olan içsel ve dışsal süreçlerde bütünleştirme olanağı sağlayan Kurumsal Sistemler ile de bütünleşik bir kullanım olanağı kazanabilecektir. Bu amaçla ileri sürülmüş olan yöntem, modern imalat sistemlerinde ve Kitleli Kişiselleştirmenin söz konusu olduğu sistemlerde kullanılabilir. Bu sayede, bütünleşik bilgi sistemlerinde malzeme tanımlamalarında ve Ürün Ağaçlarının oluşturulmasında iyileştirme imkanı sağlanabilecektir.

## **KAYNAKÇA**

1. Romanowski, C.J. and R. Nagi. A data mining and graph theoretic approach to building generic bills of materials. in 11th Industrial Engineering Research Conference. 2002. Orlando, Florida.
2. Olsen, K.A., P. Sætre, and A. Thorstenson, A procedure-oriented generic bill of materials. Computers and Industrial Engineering, 1997. 32(1): p. 29-45.
3. Da Silveria, G., D. Borenstein, and F. Fogliatto, Mass customization: Literature review and research directions. International Journal of Production Economics, 2001. 72: p. 1-13.
4. Davis, S.M., From future perfect: Mass customizing. Planning Review, 1989. 17 (2) (1989) 16-21.
5. Olsen, K.A. and P. Sætre, Managing product variability by virtual products. International Journal of Production Research, 1996. In press.
6. Olsen, K.A., P. Sætre, and A. Thorstenson. A generic bill of materials based on a programming language notation. in Norsk Informatikk Konferanse. 1995. Tapir Forlag.

7. Hussein, J., Providing an insight on improving performance of MRP. 2000, Clemson University: Clemson, USA.
8. Digre, T. Business application components. in Object oriented programming systems languages application (OOPSLA'95). 1995. Austin, USA.
9. Bertrand, J.W.M., M. Zuijderwijk, and H.M.H. Hegge, Using hierarchical psuedo bills of material for customer order acceptance and optimal material replenishment in assemble to order manufacturing of non-modular products. *International Journal of Production Economics*, 2000.
10. Orlicky, J., *Material Requirement Planning*. 1975, New York: McGraw-Hill.
11. SAS Institute Inc., *SAS/OR Software: Changes and enhancements*, Release 8.1. 2000: Cary, NC: SAS Institute Inc.
12. Ommering, R.V. Configuration management in component based product populations. in 10th international workshop on software configuration management. 2001. Toronto, Canada.
13. Ommering, R.V. Beyond product families: Building a product population? in 3rd International workshop on the development and evolution of software architectures of product families. 2000. Las Palmas.
14. Cox, J.F., III. and J.H. Blackstone, Jr., *APICS dictionary*. Ninth edition ed. 1998, Alexandria: VA: APICS.
15. Brander, P. and S. Karlsson. Production planning for products with complex product structure. in Twelfth International Working Seminar on Production Economics. 2002. Igls/Innsbruck Austria.
16. Wedekind, H. and T. Müller, Stücklistenorganisation bei einer grossen variantenanzahl. *Angewandte Informatik*, 1981. 9: p. 377-383.
17. Schönsleben, P., *Flexible produktionplanung und steuerung mit dem computer*. 1985, München: CW Publikationen.
18. VanVeen, E.A. and J.C. Wortmann, New developments in generative bill of material processing systems. *Production Planning & Control*, 1992. 3(3): p. 327-335.
19. VanVeen, E.A. and J.C. Wortmann, Generative bill of material processing systems. *Production Planning & Control*, 1992. 3(3): p. 314-316.
20. Hegge, H.M.H. and J.C. Wortmann, Generic bill-of-material: a new product model. *International Journal of Production Economics*, 1991. 23: p. 117-128.
21. Jiao, J., et al., Generic Bill-of-Materials -and-Operations for high-variety production management. *Concurrent Engineering-Research & Applications*, 2000. 8(4): p. 297-321.
22. Ramabhatta, V., L. Lin, and R. Nagi, Object Hierarchies to aid Representation and Variant Design of Complex Assemblies in an Agile Environment. *International Journal of Agile Manufacturing*, 1997. 1(1): p. 77-90.
23. Chung, Y. and G.W. Fischer, A conceptual structure and issues for object-oriented bill of materials (BOM) data model. *Computers and Industrial Engineering*, 1994. 26(2): p. 321-339.
24. Olsen, K.A. and P. Sætre. A Visual Product Constructor for Engineer-to-Order Environments. in 12th International Working Seminar on Production Economics, Igls, Østerrike, and in Norsk Informatikk Konferanse. 2001. Tromsø.
25. Alageo, M.E.A. and E.J. Barkmeyer, An overview of enterprise resource planning systems in manufacturing enterprises, National Institute of Standards and Technology.
26. Shields, M.G., *E-Business and ERP - Rapid implementation and project planning*. 2001, New York: John Wiley & Sons, Inc.

## KISALTMALAR

<b>ALT_SR_NMR_TBL</b>	Alt-Sıra Numara Tablosu
<b>ANN_BĞL_KRL_TBL</b>	Anneye Bağlılık Kuralı Tablosu
<b>BĞL_KRL_LST_TBL</b>	Bağlılık Kural Listesi Tablosu
<b>BĞL_TNM_TBL</b>	Bağlılık Tanımlama Tablosu
<b>BLŞ_LST_TBL</b>	Bileşen Liste Tablosu
<b>BLŞ_TNM_TBL</b>	Bileşen Tanımlama Tablosu
<b>BT</b>	Bilgi Teknolojisi
<b>ÇS-ÜA</b>	Çok-Seviyeli Ürün Ağacı
<b>EDH</b>	En dikimi tamamlanmış havlu
<b>EDHBT</b>	En kesimi tamamlanmış havlu bileşen tanımı
<b>EDHĞT</b>	En kesimi tamamlanmış havlu bağlılık tanımı
<b>EKH</b>	En kesimi tamamlanmış havlu
<b>EKHBT</b>	En kesimi tamamlanmış havlu bileşen tanımı
<b>EKHĞT</b>	En kesimi tamamlanmış havlu bağlılık tanımı
<b>EKHRT</b>	En kesimi tamamlanmış havlu reçete tanımı
<b>EKHRT</b>	En kesimi tamamlanmış havlu reçete tanımı
<b>GÜA</b>	Genelleştirilmiş Ürün Ağacı
<b>GÜAÇ</b>	Genelleştirilmiş Ürün Ağacı Çizgesi
<b>GÜAİS</b>	Genel Ürün Ağacı İşleme Sistemi
<b>HH</b>	Ham havlu
<b>HSP_YNT_TBL</b>	Hesaplama Yöntemi Tablosu
<b>İ</b>	İplik
<b>KK</b>	Kitlesele Kişiselleştirme
<b>MLZ_TNM_TBL</b>	Malzeme Tanımlama Tablosu
<b>MLZ_YP_TBL</b>	Malzeme Yapı Tablosu
<b>RÇT_LST_TBL</b>	Reçete Liste Tablosu
<b>RÇT_TNM_TBL</b>	Reçete Tanımlama Tablosu
<b>SRÇ_TBL</b>	Süreç Tablosu
<b>TS-ÜA</b>	Tek-Seviyeli Ürün Ağacı
<b>ÜA</b>	Ürün Ağacı
<b>ÜAO</b>	Ürün Ağaçları ve Operasyonlar
<b>ÜST-GRP_TBL</b>	Üst-Grup Tablosu
<b>XML</b>	Uzatılabilir İşaretleme Dili
<b>YM</b>	Yarı-mamul

## NOTASYONLAR

$atm$	Yürürlükteki Ürün Ağacı seviyesinin anne malzeme tüketim miktarı
$BML_{m,2}$	Bağıl miktar listesi; $m = 1,2,\dots,M$ ( $M$ , Bağıl miktar listesindeki alt-sıra numaralarının sayısı)
$BOM_{j,3}$	Oluşturulan Ürün Ağacı listesi; $j = 1,2,\dots,J$ ( $J$ , $BOM'$ da bulunan malzemelerin sayısı)
$DL_i$	Düğümelerin listesinde bulunan $i$ . Düğüm; $i = 1,2,\dots,I$ ( $I$ , $DL'$ de bulunan düğümelerin sayısı)
$YBL_{n,2}$	Yürürlükteki bileşen listesi; $n = 1,2,\dots,N$ ( $N$ , Bileşen listesindeki alt-sıra numaralarının sayısı)

$yd$	Yürürlükteki düğüm
$Y\check{G}_{L,2}$	Yürürlükteki bağılılık listesi; $l = 1,2,\dots,L$ ( $L$ , Bağılılık listesindeki alt-sıra numaralarının sayısı)
$YRL_{k,2}$	Yürürlükteki reçete listesi; $k = 1,2,\dots,K$ ( $K$ , Reçete listesindeki alt-sıra numaralarının sayısı)
$ys$	Yürürlükteki Ürün Ağacı seviyesi