

**KİŞİYE ÖZEL TALEPLERİN TOPLANMASI VE
PLANLANMASINDA SEÇİMLİ ÜRÜN AĞAÇLARININ
KULLANILMASI**

**USING OF ELECTIVE BILL OF MATERIALS IN THE
COLLECTION AND PLANNING OF CUSTOMIZED
DEMANDS**

Öğr. Gör. Çağla EDİZ

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Otomotiv Programı,
Sakarya Üniversitesi İşletme Anabilim Dalı Doktora Öğrencisi,
cagla.ediz@bilecik.edu.tr

Prof. Dr. Erman COŞKUN

Sakarya Üniversitesi İşletme Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü,
ermanc@sakarya.edu.tr

ÖZET

Küreselleşme, teknolojiye meydana gelen değişimler ve arzın talep karşısında hızla yükselişle birlikte, geniş kitlelere yönelik geleneksel seri üretim yöntemleri geçerliliğini yitirirken, kişilerin bireysel taleplerine göre gerçekleştirilen üretim yöntemleri yaygınlaşmakta ve buna bağlı olarak ürün çeşitliliği gün geçtikçe artmaktadır. İşletmeler, bu değişim süreciyle birlikte müşterilere ürün çeşitliliğini sunarken stok maliyetlerini azaltabilmek için aynı malzemelerin farklı kombinasyonlarından oluşan modüler ürünler tasarlama eğilimindedir. Modüler ürün sisteminde malzemelerin çok çeşitli şekillerde birleştirilmeleri mümkün olduğundan, her müşterinin farklı kombinasyonlarda oluşabilecek seçimi için ürünün tanımlanması, tanımlanan ürüne ait planlama yapılması zorlaşmaktadır. Çalışmada, modüler ürün imal eden ve stoklarla çalışan işletmelerde, taleplerin toplanması, üretim ve satın alma planlarının hazırlanmasında yaşanan mevcut karışıklıkların ortadan kaldırılmasına yönelik çözüm üretilmesi hedeflenmiş, söz konusu hedefin gerçekleşebilmesi için ürün ağaçlarının nasıl tasarlanması gerektiği irdelenmiş ve neticede seçimli ürün ağacı olarak adlandırılan yeni bir ürün ağacı modeli önerilmiştir. Önerilen ürün ağacının masa üreten bir işletmede uygulanmasıyla ilgili detaylar

sunulmuştur. Sonuç, önerilen seçimli ürün ağaçlarının, müşteri seçimlerinin toplanmasında ve toplanan talepler doğrultusunda ürün ağaçlarının oluşturulmasında, sistematik, standart ve yalın bir çözüm sunduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: *Ürün Varyantları; Ürün Ağaçları, Modüler Üretim, Seçimli Ürün Ağacı; Kitlese Özel Üretim*

ABSTRACT

Along with the globalization, technological developments and rapid rise of supply versus demand, while traditional mass production methods appeal to a wide audience has lost validity, production methods based on individual preferences of people become widespread and accordingly variety of products is increasing day by day.

With this process of change, while firms are offering a variety of products to customers, in order to reduce stock costs, they tend to design modular products composed of different combinations of the same materials. In modular product system, as it is possible to combine materials in different types, it will be difficult both identifying the product combinations for the selection of each customer and also planning of customized product based on customer preferences. The aim of this study is to collect of demands, eliminate current confusion in the preparation of production and purchasing plans and find solutions to such problem. In order to achieve the so called objectives, it is examined that how bills of materials should be designed and in conclusion a new bill of material model called as “elective bill of material” is suggested. Details related to the implementation of the recommended bill of material model in a firm producing tables are presented in the study. The result reveals that the elective bill of material recommended brings a systematic, standart and simple solution for the collection of customer selection and preparation of bill of materials according to customer demand.

Key Words: *Product Variants; Bill of Materials; Modular Production; Elective Bill of Material; Mass Customized Production*

1. GİRİŞ

Ekonomik, teknolojik ve sosyal gelişmelerle birlikte global bir boyut kazanan ve bir o kadar da çetinleşen rekabet, üretimde kalite ve hızın yanında kişiye özel taleplere cevap verme zorunluluğunu getirmiştir. Bunun gerçekleşmesi, özel taleplere cevap verebilecek ürünlerin, tasarım aşamasından planlama ve üretim aşamalarına kadar teknoloji kullanılarak sistematik şekilde hazırlanabilmesiyle mümkün olacaktır. Diğer yandan, müşteri taleplerinin cevaplandırılma hızının önemli olduğu günümüzde, ürünlerin taleplere göre şekillendirilmesi, ürün ağaçlarının sistematik kullanımını gerekli kılmaktadır. Bu çalışmada, yarı mamül stoklarıyla üretim yapma zorunluluğu olan işletmelerde, üretim ve satın alma esnasında yaşanan sorunların giderilmesi adına, müşteri taleplerine göre oluşturulan ürün ağacı yapısının nasıl olması gerektiği incelenecek ve bir kodlama sistemi önerilecektir.

Çalışmanın birinci kısmında, konuyla ilgili yapılmış çalışmalara değinilmiş, ikinci kısımda seçimli ürün ağacı yapısı ve seçimli ürün ağacından statik ürün ağacı oluşumunun algoritması açıklanmış, üçüncü kısımda sistemin çalışması için gerekli asgari koşullara değinilmiş ve son kısımda bir örnek üzerinden model açıklanmıştır.

2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Ürün ağaçları, önceleri yalnızca malzeme ihtiyaç planlarının hazırlanması ve üretim teknolojisinin optimize edilmesi (Stonebraker,1996:251) amacıyla kullanılmış; işletmelerin zamanla daha fazla müşteri odaklı hale gelmeleriyle (Griffiths vd. ,2000:111) beklentileri karşılayacak esnek bir yapıya bürünmüştür. Diğer bir tabirle teknolojinin değişmesi ve arzın talep karşısında hızlı yükselişiyle birlikte, kişiye özel ürünlere geçiş yaşanmış, böylece müşteri tercihinine göre şekillenen, ürün konfigürasyon sistemine dayalı ürün ağaç modelleri geleneksel ürün ağaçlarının yerini almıştır. Literatürde jenerik, dinamik ya da modüler ürün ağaçları gibi farklı isimlerle anılan bu tarz yapılar özellikle 90'lı yıllardan itibaren giderek artan şekilde üretim

sistemlerinin önemli bir parçası haline dönüşmüş, dolayısıyla buna yönelik çalışmalar hız kazanmıştır.

1990'ların ilk yarısında bilgisayar sektörünü ele alan bir çalışma yapan, Fohn ve arkadaşlarına göre (1994:3), sektördeki temel problem, diğer endüstrilerde olduğu gibi, sipariş edilen ürünlerin üretime uygun olma şartı ve ürünün teklif edilen fiyatla tesliminin sağlanmasıdır. Çalışmayı gerçekleştiren bilim insanları söz konusu problemi çözmek için, karşılıklı memnuniyet esasına dayalı, "kişisel bilgisayar konfigürasyon sistemi" adıyla kısıtlara dayalı bir modelleme ortaya koymuşlardır. Buna paralel bir çalışmayı siparişe özel mobilya imalatı yapan bir şirkette uygulayan Ariano ve Dagnino (1995:45); talepler, ürün konfigürasyonları ve ürün ağaçlarının yapılandırmasını dinamik olarak entegre eden bir sistem üzerine çalışmıştır. Yine mobilya üzerine çalışma yapan Olsen ve diğerleri (1997:29), ürünün tam varyantlarını kapsayan jenerik ürün ağaçlarını programlama dili kullanarak oluşturmuştur. Sistem sayesinde, muhtemel varyantların, parçalar arasındaki fonksiyonel ve yapısal ilişkiler düşünülerek hazırlanması mümkün olmuştur. Bu tarz çalışmalarla birlikte 90'ların sonuna gelindiğinde ürün ağaçları geleneksel yapılarından sıyrılmaya, farklı beklentilere cevap verecek bir yapıya dönüşmeye başlamıştır. Jiao ve diğerleri 1999 yılında (1999:95), objeye dayalı programlama yöntemiyle ürün aileleri için bilgi modelleme sistemi geliştirmiştir. Bunların birincisi ürün yapısıdır. Bütün ürün çeşitleri ortak bir yapıyı paylaşırken; ürün, montaj, komple gibi fiziksel ya da kavramsal olabilen bu yapılar standarttır. İkincisi, değişken parametrelerdir ki bunlar üstteki ürün yapılarının altında değişkenlik gösteren özellikler veya yapılarıdır. Model, renk, var-yok gibi parametreler buna örnek olarak verilebilir. Konfigürasyon kısıtlarını içeren üçüncü kısım, ürün yapıları ya da değişkenler arasındaki ilişkileri belirler. 2000'li yıllarla birlikte müşteri odaklı üretimin giderek yaygınlaşmasıyla kişiselleştirilmiş üretime yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. Duray (2000:608), kitlesel özel üretimi, müşterinin üretim döngüsüne hangi aşamada dâhil olduğuna bakarak sınıflandırmıştır. Buna göre müşteri; tasarım, üretim, montaj veya kullanım aşamasında

özelleştirmeye dahil olabilir. Üretim aşamasında modüleriteyi temel alan Forza ve Salvador (2002:37) bir kalıp işletmesinde yaptıkları çalışmada, müşteri istekleri, üretim süreci ve lojistik faaliyetleri aynı anda kontrol eden, böylece özel taleplere hızla cevap verebilecek bir yazılım geliştirmiştir. Ardından modüler ürün dizaynı ve bunun yararları üzerine yapılan çalışmaları bütüncül bir bakış açısıyla inceleyen Gershenson ve diğerleri (2003), uzlaşma ve çatışma alanlarını tespit etmişler ve modüler tasarımın tüm araştırmacılar tarafından faydalı olduğunda uzlaşılmasına rağmen, bilimsel olarak bu faydaların gösterilemediğini öne sürmüşlerdir. Buna paralel olarak nispeten ürün ağaçlarıyla ilgili yapısal problemleri elen alan çalışmaların ardından somut kazançlar sağlamaya yönelik adımlar atılmaya başlanmıştır. Tseng ve diğerleri (2005:913), ürünün en kısa zamanda ve doğru şekilde yapılmasını sağlayarak, zaman ve maliyetleri azaltmayı amaçlamıştır. Araştırmacılar bunun için yeni ürün ağaçlarının yapılandırmasında, “durum tabanlı çıkarsama” metodunu (CBR-Case Based Reasoning) kullanmıştır. Benzer durumlardan elde edilen kazanımlar, mevcut sorunun tespiti ve tasarımcılar için doğru bir istikamet sunmaktadır. Çalışmaları bir adım öteye taşıyan Hong ve diğerleri (2006:3297), ürün aile modellerinde müşteri talebine göre uyarlanan ürün ve parametreleri, ağaç üzerinde “ve -veya” düğümlerinden oluşturmuştur. Bu sistemle; müşteri seçimlerinin ardından ortaya çıkan taleplerin, algoritma aracılığıyla performans ve maliyet açısından değerlendirilmesi sağlanmış, böylece en iyi ürün konfigürasyonuna ulaşmanın yolu açılmıştır. Buna müteakip Zhou ve diğerleri (2007), ürün konfigürasyon kısıtlamalarını ekleyerek Hong ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmanın kapsamını genişletmişlerdir. Aynı yıl içinde Matias ve diğerleri (2007) İspanya’da çeşitli kapı fabrikalarında uygulamaya koydukları çalışmalarında, müşteri seçimlerine göre otomatik ürün ağacı oluşturma modeli üzerinde durmuştur. Modelde, tüm alternatifleri kapsayan bir ürün ağaç yapısı oluşturulmuş ve bunun içinden alt ve yan bileşenlerin seçimiyle, üretim öncesi özel ürün ağacının oluşumu sağlanmıştır. Konuyu daha geniş bir perspektiften ele alan Trentin ve diğerleri (2011:260), sekiz ülkede üç farklı sektör üzerine üretim yapan 238 fabrikada, ürün konfigürasyon

sisteminin zaman performansı üzerindeki pozitif etkilerini araştırmış ve olumlu neticeler elde etmişlerdir. Ürünün yapılandırması esnasında ortaya çıkan sorunları engellemek için yola çıkan bir diğer çalışma Yang ve Dong (2012:592) tarafından gerçekleştirilmiştir. Sonuçta araştırmacılar, “kısıt sağlama problemi” (CSP - constraint satisfaction problem) olarak bilinen yöntemin uygulandığı bir metot önermişlerdir. Burada müşteri seçimlerinden sonra, şayet üretimi uygun olmayan bir komple varsa, bunun kaldırılıp yerine alternatif bir komple sunulması sistem tarafından gerçekleştirilir. Birden fazla çözümün olduğu durumlarda, çok amaçlı karar modelleri devreye girerek müşteri tercihlerine göre en optimum seviyeye ulaşılmaya çalışılır.

3. MÜŞTERİ TALEBİNE GÖRE OLUŞACAK SEÇİMLİ ÜRÜN AĞAÇ MODEL ÖNERİSİ

Geleneksel ürün ağaçlarında her seviyedeki bileşen, bir alt seviyedeki bileşene göre “baba”, alt seviyedeki bileşen ise üst seviyedekine göre “oğul” bileşendir. Bu seviyeler, bileşenlerin takip ettiği işlem sıralamasına göre hiyerarşik şekilde oluşmaktadır (Somar, 2004:5). Söz konusu ürün ağaçlarının oluşturulması esnasında, uyulması gereken birtakım kuralları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (Bertrand v.d., 2000:173-174).

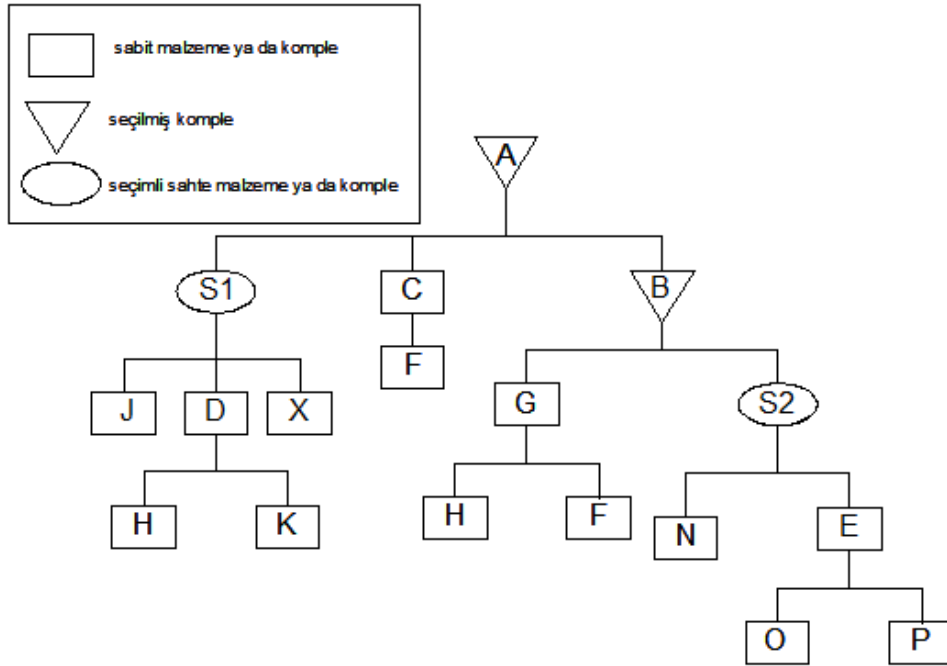
- Parça numarası ve kayıt bilgileri, tüm şirket departmanlarının ihtiyaçlarını karşılayabilmelidir.
- Parça numaraları her parça için özel olmalıdır. Bir parçada yapılan revizyon sonucu ortaya çıkan yeni parçaya -büyüklük veya işlev bakımından artık yeni bir parçaya karşılık geldiğinden- yeni bir numara verilmelidir.
- Ürün ağacında iş gücü değil, malzemeler gösterilmelidir.

- Ürün ağacındaki kademelendirme mümkün olduğunca az olmalıdır.
- Ürün ağacında değişiklik yapılacağı zaman firmadaki ilgili tüm departmanların onayı alınmalıdır.

Ürün ağaçları günümüzde, planlama işlevinin dışında kişiye özel üretimde varyant yapıların oluşturulmasına yönelik bir fonksiyon yüklenmiş olmasına rağmen, yukarıda söz edilen kurallar geçerliliğini korumaktadır. Ürün ağaçlarıyla ilgili mevcut uygulamalarda, varyant yapı, ürün ağacının en üst seviyesindeki malzemeler için kullanılabilen, alt seviyelerdeki kullanım üretim planlamasında karışıklığa neden olmaktadır (Veen ve Wortmann, 1992:328). Ancak bilgi teknolojilerinin gelişmesi, buna bağlı olarak stok izlenebilirliğinin RFID, kare barkod gibi tekniklerle daha sağlıklı şekilde gerçekleştirilmesi, müşterilerin her seviyede seçim yapabilmesini olanaklı kılan daha kapsamlı ve karmaşık ürün ağaçlarının geliştirilmesine imkan tanımıştır. Buradan hareketle çalışmada söz konusu problemleri çözebilecek yeni bir ürün ağacı modeli ortaya konacak ve bu yeni model “*seçimli ürün ağaçları*” olarak adlandırılacaktır.

Seçimli ürün ağaçlarının altında bulunan malzemeler, sabit, seçilmiş ve seçimli malzemeler olarak başlıca üç grupta toplanabilir. “*Sabit malzemeler*” aynı ürün altında, üründen ürüne çeşitlilik arz etmeyen malzemeleri ifade ederken; “*seçimli malzemeler*”, müşteri talebine göre seçilerek karar verilen malzemeleri; “*seçilmiş malzemeler*” ise, altında bir veya birden çok seçimli malzeme bulunduran kompleleri belirtir. Bu kompleler, müşterilerin alt seviyelerde yapmış oldukları tercihlere göre şekillenmekte ve buna göre otomatik olarak ortaya çıkmaktadır. Seçimli ürün ağaçları, ürün içeriğindeki sabit malzemeleri kapsadığı gibi, müşteri tarafından seçilebilecek tüm seçimli malzemeleri de kapsamlıdır. Bazı ürünler için, seçimli malzemelerin kombinasyonunda bir takım kısıtlamalar olabilmektedir. Bu kısıtlamalar, müşteri seçimleri esnasında arka planda çalışan bir algoritma aracılığıyla gerçekleştirilebilir.

Şekil 1. Seçimli ürün ağacı örneği



Şekil 1.'de seçimli ürün ağacı örneği görülmektedir. Her seviyedeki malzemeler için seçim yapılmasına olanak tanıyan seçimli ürün ağaçlarından statik ürün ağaçlarının oluşması esnasında, şu şekilde bir sistemin çalışması öngörülmektedir:

- Tasarım esnasında, seçimli ürün ağacındaki alt ve üst bağlantılar oluşurken, seçimli malzemeler için sahte bir malzeme kodu seçimli malzeme olduğu belirtilerek eklenir. Algoritma aracılığıyla, bu malzemenin altındaki malzemeler için müşterilerden seçim yapılması istenir.
- Müşteri A ürününden sipariş açarken, A ürün ağacı altındaki seçimli malzemeler arasından seçim yapılması istenecektir. Yukarıdaki örnekte müşteri, S1 seçimli malzeme grubu içinden J, D ya da X'i; S2 seçimli malzeme grubu içinden N ya da E 'yi seçecektir.
- Seçimli ürün ağaçlarında, malzemeler müşteri tarafından seçilirken, ürün ağacı içindeki sabit malzemelerde herhangi bir değişiklik olmaz, diğer yandan altında seçimli malzemeleri barındıran seçilmiş malzemeler seçime göre bir algoritma aracılığıyla yeni kodlarını alır. Statik ürün ağacının oluşması esnasında seçilmiş malzemeler, kendi kodunun sonuna eklenen bir ayraç ve alt seviyelerindeki değişken malzeme kodu yazılarak statik ürün ağaçlarına işlenir. Örneğin, müşteri A ürününü talep ederken J ve N malzemelerini seçmesi halinde, oluşan statik ürün ağacı altındaki S1 seçimli malzemesi yerine J; S2 seçimli malzemesi yerine N; B seçilmiş malzemesi yerine B+N kodu olmalıdır. Ürün koduysa, seçilmiş malzemelerde olduğu gibi, altında bulunan seçimli malzeme kodları eklenerek oluşturulur. Seçimli ürün ağacındaki A kodu yerine, seçimli ürün ağacından oluşturulan statik ürün ağacında A+J+N olacaktır. Aynı seçimli malzemelerin seçilmesi sonucunda seçilmiş malzemelerde aynı kodlara ulaşılmalıdır. Bunun için seçilen malzeme kodları, seçilmiş malzeme kodlarına ayraçlarla eklenmeden önce aynı sıralamada olması sağlanmalıdır. Bir algoritma sayesinde, seçilen malzemeler, önce alfasayısal sıralamaya tabi tutulup revize edilerek eklenirse, müşterinin hangi sıralamada seçim yaptığı önemli olmaksızın aynı kodlara ulaşılabilir.

- Malzemeler üretildiğinde otomatik olarak etiketlenmelidir. Böylece üretim planlamalarında bu kodlar üzerinden hareket edileceğinden işletme içinde yapısal bütünlük sağlanmış olacaktır.

Ürün ağaçlarının mümkün olduğunca basit hazırlanması, sistemin anlaşılır olmasına olanak sağlayacaktır. Ürün tasarımı esnasında alınacak bazı basit önlemlerle, sistemin daha yalın olarak uygulanması sağlanabilir. Bu önlemler:

- Ürün ve işletme kısıtlamaları engel olmadığı takdirde, seçimli malzeme eklemeleri imalat sürecinin son aşamalarına kaydırılmalıdır. Diğer bir deyişle, seçimli malzemelerin ürün ağaçlarının en üst seviyesinde bulunması ideal durumdur. Şekil 1.'de, A ürününün altında bulunan S1 ve S2 malzeme grubu altında görülen J, D, X, N, E malzemeleri seçimli malzeme, B seçimli komple ve diğerleri sabit malzemelerdir. Örneğin, bir otomobil üretim fabrikasında, üretim hattının en sonunda opsiyonel olarak takılan klima S1 seçimli malzemesine örnek teşkil ederken, araç iç döşemelerinden önce yerleştirilmesi gereken 1600 cc ve 1800 cc opsiyonlu iki motor S2 seçimli malzemesine örnek olarak gösterilebilir. İşletmede, motor takılmasının iç döşemeden sonraya alınmasını sağlayabilecek bir tasarım değişikliği ürün ağacını ideal duruma yaklaştırmış olacaktır.
- Eğer, şirket içindeki kısıtlardan dolayı değişken malzeme ürün altındaki en üst seviyeye taşınmıyorsa, seçilmiş malzeme altında, mümkün olduğunca birden çok seçimli malzemenin olmaması, planlama sürecinin karmaşık bir hale gelmesini engelleyecektir. Şekil 1.'de, B seçilmiş malzemesinin altında bulunan G sabit malzemesi, seçimli malzeme olarak verilseydi, hem G, hem S2 seçimli malzeme olacağı için yapı karmaşık bir hal almış olacaktı.

Yukarıdaki şartların sağlanması yapıyı basitleştirecektir, ancak basitleştirmenin yapılamadığı durumlar sistemin uygulanmasına bir engel teşkil etmez. Çünkü, aynı seçimlerle üretilen komple ve ürün kodunun sistem tarafından her zaman aynı şekilde verilebiliyor olması MRP

çalıştırılarak üretim planlama yapılabilmesine olanak verecektir. Bu durum işletme için kompleks bir yazılım gereksinimini ortadan kaldıracığı gibi, böyle bir yazılımın beraberinde getireceği uygulama zorluklarını da engellemiş olacaktır.

3.1. Sistemin Uygulanabilmesi İçin Gerekli Koşullar

Önerilen sistemin uygulandığı yerlerde başarı sağlanması için bazı asgari şartlar gereklidir. Bunlardan birincisi, müşteriye taleplerini seçimli olarak gerçekleştirme imkânı sunulmasıdır. Eğer talep edilen ürün için, müşteriye belirli yönlendirmeler dâhilinde büyüklük, desen gibi özellik girişi yaptırılıyorsa, çalışma burada uygulanamaz. Bunun nedeni olarak yönlendirmelerle müşteriye özellik girişi yaptıran işletmelerin çalışma metodu üzerinde durmak gerekir. Bu işletmelerde genel olarak malzeme üzerinde ebatsal bir skala belirlenmekte ve bu skala dahilinde müşteri tarafından giriş yapılması istenmektedir. İmal edilecek bir kitaplığın genişlik ölçüsünün girişi bu yapıya bir örnektir. Diğer bir yöntemse, renk veya yoğunluk seçimlerinde olduğu gibi, verilen farklı seçenekleri kullanarak bir kombinasyon ortaya koymak ve talep edilen özelliğe ulaşmaktır. Bu yöntem sıvı olan malzemelerin kullanıldığı ürünlerde görülebilmektedir. İç veya dış cephe boyalarının müşteri tarafından talep edilmesinde, farklı renklerin, farklı bileşen oranlarıyla karıştırılarak istenen renk bileşenine ulaşılabilmesi buna bir örnektir. Örneklerde olduğu gibi, müşterinin belirli bir özellik için giriş yaparak sipariş verdiği durumlarda talep edilen özelliklerin skalası çok geniş boyutlara ulaşabilmektedir. Bu nedenle, söz konusu yöntemlerle çalışan işletmelerin siparişe göre ürün üretmesi ve stoksuz çalışması daha rastlanan bir durumdur. Diğer yandan ürün, üretici tarafında sunulan malzeme veya özellik alternatifleri arasından yapılacak seçimle belirleniyorsa, geçmiş tecrübelerden elde edilecek verilere göre ürünler, üründe kullanılan komple veya malzemeler stokta bulundurulabilir.

Çalışmanın uygulanabilmesi için gereken bir diğer şart, stokların kayıt ve takibinde otomasyona geçilmiş olmasıdır. Stok bilgisinin bir yazılım aracılığıyla otomatik olarak etiketlendirildiği, barkod, RFID gibi tekniklerle stok etiketi okumalarının yapıldığı yerlerde çalışma uygulanabilir. El terminalleri, barkod gibi etiket okumada kullanılan cihazların, algı hassasiyeti arttıkça, daha küçük alanlara daha fazla bilginin yüklenmesi mümkün olmaktadır. Bu teknolojik gelişme, ürün etiketlerinin içerisine çok sayıda bilginin kodlanmasına izin vermektedir. Otomasyonun sağlandığı yerlerde, malzeme kodlarının okunması, stoklarda olup olmadığının sorgulanması ve yerlerinin tespiti otomatik olarak yapılacağından, stok kodlarının uzun veya karmaşık olması bir zorluk teşkil etmeyecektir.

3.2. Seçimli Ürün Ağacı Uygulama Örneği

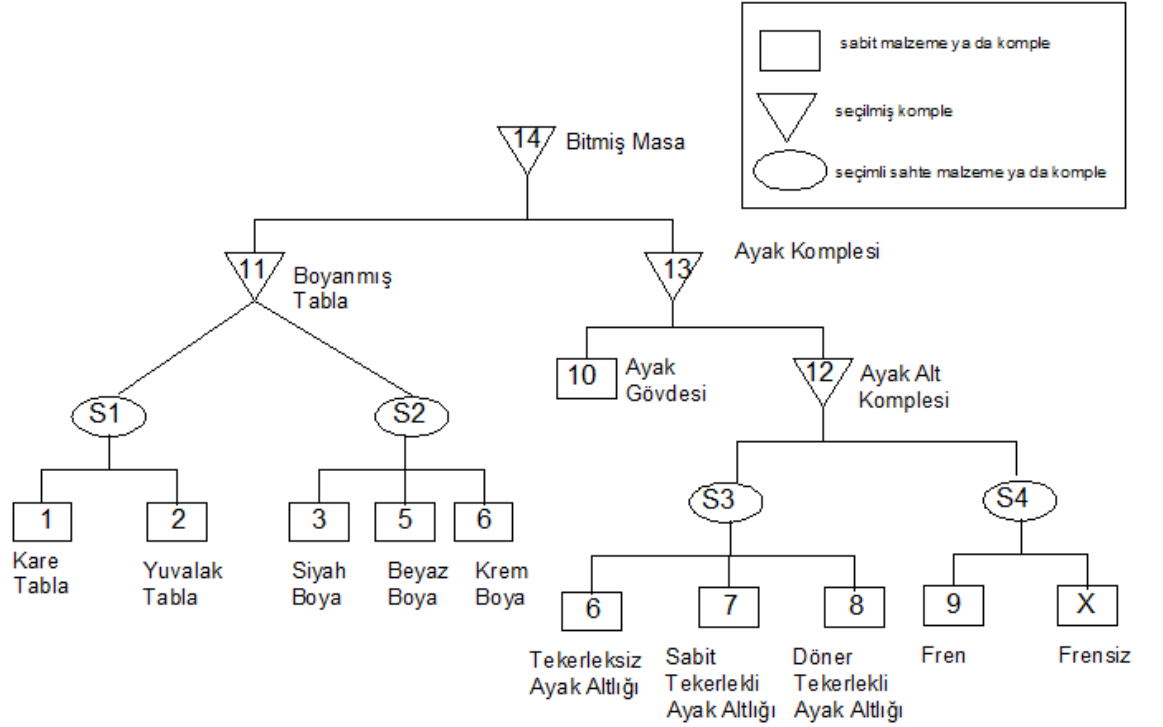
Seçimli ürün ağacındaki algoritma yapısının nasıl çalıştığı bir masa imalatçısı örneğiyle anlatılabilir. Üretilecek masa, masa üst malzemesi, masa bacağı ve masa ayağı olmak üzere başlıca üç kısımdan oluşsun. Tüm parçaların, modüler tasarlandığı, masa ayaklarının tekerlekli ya da tekerleksiz olabileceği varsayılın. Tekerlekli olması tercih edilen masa, kendi içinde döner tekerlek veya sabit tekerlek alternatifleri barındırabilir. Bunlara ek olarak, masa tekerleklerinin frenli ya da frensiz olması başka bir opsiyon olarak sunulabilir. Masa bacağının tüm masalar için standart olarak sunulduğu örnekte masa üstü, yuvarlak veya kare masa olarak seçilsin. Müşteriye sunulan masa renkleri siyah, beyaz ve krem olarak belirlensin. İşletmenin boyama işlemlerini firma dışına fason olarak yaptırdığını ve bu nedenle elinde boyanmış masa üstlerinden stok tuttuğu varsayılın. İşletmede yine müşteri taleplerinin karşılanmasına hız kazandırmak için, frenleri genel olarak, döner veya sabit tekerleklere monte ederek stok tuttuğu kabul edilsin. Ürün grubunda kullanılan malzemeler Tablo 1.'de görüldüğü gibi kodlansın:

Tablo 1. Malzeme Kod ve Ad Listesi

Malzeme Kodu	Malzeme Adı	Malzeme Kodu	Malzeme Adı
1	Kare Tabla	8	Döner tekerlekli ayak altlığı
2	Yuvarlak Tabla	9	Fren
3	Siyah Boya	10	Ayak gövdesi
4	Beyaz Boya	11	Boyanmış masa tablası
5	Krem Boya	12	Ayak alt kompleksi
6	Tekerleksiz ayak altlığı	13	Ayak kompleksi
7	Sabit tekerlekli ayak altlığı	14	Bitmiş masa

Bu durumda, seçimli ürün ağacı şu şekilde olacaktır.

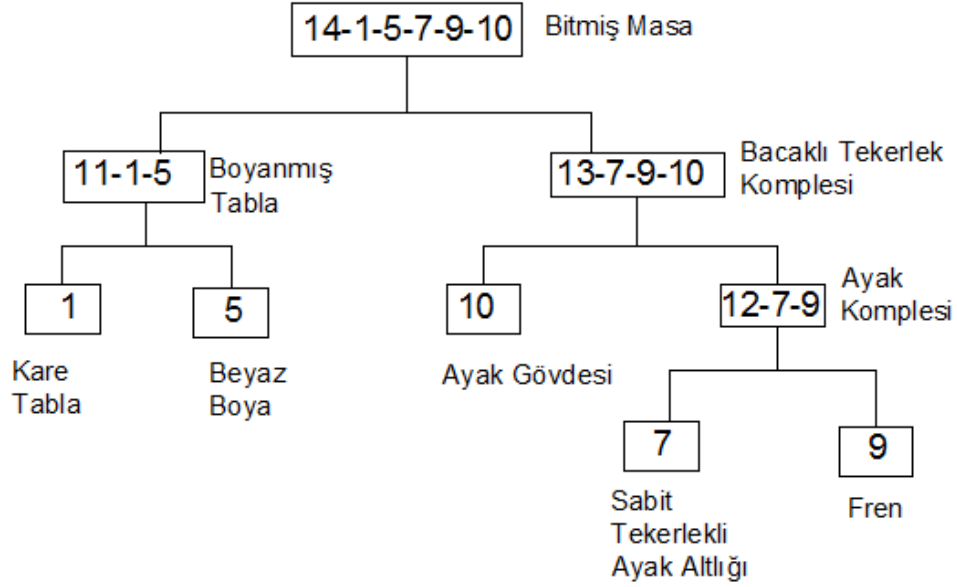
Şekil 2. Bitmiş Masa Seçimli Ürün Ağacı



Şekil 2.'de örneği verilen seçimli ürün ağacı tasarlandıktan sonra aşağıdaki uygulamaları izleyecektir:

- Müşteri talep ettiği ürünü seçtikten sonra karşısına dört seçim çıkacak ve bu seçimleri girmesi istenecektir. Söz konusu seçimler, masa üstü, renk, ayak ve fren seçimleridir.
- Müşterinin kare masa üstü, beyaz rengi, sabit ve frenli tekerleği seçtiğini varsayalım.
- Müşteri seçimleri yaptığı esnada bir algoritma aracılığıyla, seçimli ürün ağacından statik ürün ağacı oluşturulur. Oluşan statik ürün ağacı şu şekildedir:

Şekil 3. Talep edilen statik ürün ağacı



- Şekil 3.'de görüldüğü gibi, müşteri seçimlerini yaptığıında, “seçilmiş malzeme” olarak adlandırılan malzemeler, altlarındaki seçimli malzemeleri, kendi kodlarına ekleyerek şekillendirecektir. Bu esnada algoritma, eklenen kodların alfasayısal sıralamada olup olmadığını araştırarak ve kendi koduna eklenen kodları alfabetik sıralamalara göre revize edecektir.
- Tek sipariş üzerinden planlamada, ürün ağaçlarının en üst seviyesinden başlanır ve aşağıya doğru gidilir. Talep edilen ürün 14-1-5-7-9-10

ürünüdür. Stoklarda bu ürün varsa, müşteriye gönderilir. Eğer yoksa, 14-1-5-7-9-10 ürünü için iş emri açılır ve ürün ağaçlarındaki ikinci seviyelerdeki, 11-1-5 ve 13-7-9-10 ürünleri için sorgulama yapılır. Bunların da olmaması durumunda, iş emri açılarak bir alt seviyelerdeki, 1, 5, 10 ve 12-7-9 sorgulanır. Bu malzeme sorgulamalarında da eğer stoklarda malzemeler bulunamamışsa, 1, 5 ve 10 için satın alma emri açılırken, 12-7-9 için iş emri açılır ve tekrar bir alt kompleye gidilerek 7 ve 9 sorgulanır. Bulunamazsa bu malzemeler için de satın alma emirleri açılır.

- Siparişler planlama için topluca çalıştırıldığında, talep edilen aynı ürün kodları toplanır. Stokların kayıtlı olduğu veri tabanının kopyası olan bir ara veri tabanından, yukarıda anlatıldığı gibi, bulunan malzeme stokları sırasıyla düşürülür. Böylece, farklı ürün kodları altında bulunan aynı malzeme numaralarının da planlaması doğru sağlanmış olur. Bu şekilde zorunlu ihtiyaçlardan dolayı ara mamül stoklarıyla çalışmak zorunda olan işletmeler için müşteri taleplerine göre üretim planlaması yapılabilirliği sağlanmış olur.

SONUÇ

Bilgi işleme teknolojileri geliştikçe kitle üretiminden kişiye özel üretime geçiş yaşanmış, bununla birlikte üreticiler, mümkün olduğu ölçüde modüler ürünler tasarlayarak maliyetleri ve stok çeşitliliğini azaltma yolunu seçmiştir. Söz konusu süreç, müşteri taleplerine göre hızlı bir şekilde oluşabilecek ürün ağacı modeli ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Bu da ancak bilgi işleme sistemlerinin kurulmasıyla sağlanabilir.

Literatürde yer alan birçok çalışmada ürün çeşitlendirmesi, programın içine yerleştirilmiş alternatiflere göre yapılabilmektedir. Sisteme ürünle ilgili müşterinin tercih edebileceği yeni bir özellik eklenmesi, veritabanı veya algoritmanın yazılımcı tarafından revize edilmesiyle gerçekleşir. Bu çalışmada önerilen sistem, genel bir algoritmayla oluşturulduğundan, yeni eklenen malzemeler veya malzeme seçenekleri için veri tabanı yahut yazılımda değişiklik yapmak gerekmez. Bunu gerçekleştirmek üzere

algoritma, ürün ağacına seçimli olarak yerleştirilen her malzeme için müşterinin seçim yapması ve seçimli olarak eklenen malzemelerin tüm üst seviyelerinin sistem tarafından seçimli malzeme olarak algılanmasını sağlar. Böylece kullanıcı, herhangi bir yazılım değişikliğine gerek duymadan seçimli malzeme sayısını çoğaltabilir. Bu kolaylığın yanı sıra çalışmayla birlikte ürün ağaçlarının hazırlanma ve revize edilme süreçleri sadeleştirilmiştir. Şöyle ki ürün çeşitlendirmesi için, bir üst komple içindeki değişken sayılarının çarpımı kadar bir çeşitlilik söz konusudur. Mobilya sektöründe son derece basit bir ürün olan masa üretimi örneğinde bile; tabla, boya, tekerlek ve fren değişkenleri düşünüldüğünde, $2 \times 3 \times 3 \times 2 = 36$ adet farklı ürün ağacı hazırlamak; her ürün ağacında değişen ara kompleler ve üst kompleler için farklı bir komple numarası ve ürün numarası vermek gerekecektir. Gerçek hayatta, mobilya sektöründeki bu çeşitliliğin bir ürün için binlere ulaştığı görülmektedir. Geleneksel ürün ağaçlarında olduğu gibi; müşteri taleplerinin toplanarak hangi ürün ağacına eş değer talep yapıldığının sorgulanması süreci oldukça yavaşlatacaktır. Diğer yandan malzemelerin geçireceği revizyonlar sonucunda ürün ağaçlarına ayrı ayrı giriş yapılması iş yükünü arttırırken, aynı kayıtların farklı yerlerdeki tekrarı güvenilirliği azaltacaktır. Bu nedenle tek bir ürün ağaç modeli üzerinden gerektiğinde türetilen ve kullanılan, seçimli ürün ağaçlarıyla çalışmak, yaşanabilecek karışıklıkları engelleyecek, aynı zamanda iş yükünü hafifletecektir. Bu kolaylıklara ek olarak, farklı taleplerde oluşan aynı ara stoklar, sistemde aynı ad verilerek tespit edilebilmekte böylece işletme, sistem sayesinde basit bir yöntem kullanarak ara stoklu çalışabilme yeteneği kazanmaktadır. Nitekim yeni ürün ağacının oluşumunda önerilen algoritma sayesinde, ara kompleler altındaki seçimli malzemeler ne kadar çok ve bu malzemelerin ürün ağacı altındaki seviyeleri ne kadar karışık olursa olsun, seçilmiş kompleler altında aynı seçimlerin yapılması her zaman aynı madde kodlarına ulaşılmasını sağlayacaktır. Farklı müşteriler, malzemeler arasından seçimlerini yaparak farklı ürünler talep etse bile oluşan seçilmiş komplelerin bazıları aynı olabilir. Böylece üretim gerçekleştirme esnasında, çoğu zaman hazırlık zamanları gözetilerek plana göre fazlaca üretilen ve stoklanan ara komplelerin, aynı

zamanda gelecekteki müşteri talepleri sonucunda oluşacak ihtiyaçlarda kullanılabilirliği sağlanmış olacaktır.

Ürün ağacının oluşturulması sonucunda kayıtların veritabanında ve etiketlerde tutulmaya başlandığı yeni çalışma sistemlerinde, stok kodlarının uzunluğu ve çeşitliliği problem olmayacağından, stok kodlarının oluşturulmasında izlenen sistematik yaklaşım işletme içindeki üretim ve satın alma planlarının doğru bir şekilde yapılmasını sağlayacaktır. Böylece, mevcut tek seviyeden oluşan ürün varyant uygulamalarının daha ilerisinde, müşteri tarafından ürün ağacının alt seviyelerindeki talepleri de değerlendirebilen ve müşteriye talep ettiği ürünü, stoklu çalışma şartlarında da sunabilen bir sistem sağlanmış olacaktır.

KAYNAKLAR

ARIANO, M. ve DAGNINO, A. (1996). “An intelligent order entry and dynamic product structure system for manufacturing customized furniture”, *Computers & Electrical Engineering*, 22(1):45–60.

BERTRAND, J.W.M.; ZUIJDERWIJK, M.; HEGGE, H.M.H. (2000). “Using hierarchical pseudo 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*, 66(2):171-184.

DURAY, R.; WARD, P.T; MILLIGAN, G.W; BERRY, W. L. (2000). “Approaches to mass customization: configurations and empirical validation”, *Journal of Operations Management*, 18(6):605-625.

FOHN, S.M.; LIAU, J.S.; GREEF, A.R.; YOUNG, R.E.; O'GRADY, P.J. (1995). “Configuring computer systems through constraint-based modeling and interactive constraint satisfaction”, *Computers in Industry*, 27(1): 3-21

FORZA, C. ve SALVADOR, F.(2002). “Product configuration and inter-firm co-ordination: an innovative solution from a small manufacturing enterprise”, *Computers in Industry*, 49(1):37-46.

GERSHENSON, J. K.; PRASAD, G. J.; ZHANG, Y. (2003). “Product modularity: Definitions and Benefits”, *Journal of Engineering Design*, 14(3): 295-313.

GRIFFITHS, J.; JAMES, R.; KEMPSON, J. (2000). “Focusing customer demand through manufacturing supply chains by the use of customer focused cells: An appraisal”, *International Journal of Production Economics*, 65(1): 111-120.

HONG, G.; HU, L.; XUE, D.; TU, Y. L.; XIONG, Y. L. (2008). “Identification of the optimal product configuration and parameters based on individual customer requirements on performance and costs in one-of-a-kind production”, *International Journal of Production Research*, 46 (12): 3297-3326.

JIAO, J. ve TSENG M.M. (1999). “An Information Modeling Framework for Product Families to Support Mass Customization Manufacturing”, *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 48(1) : 93-98.

MATIAS, H.J.C.; PEREZ, G.H.; PEREZ, G.J.; VIZAN, I.A. (2008), “Automatic generation of a product structure based on attribute patterns with variant specifications in a customer-oriented environment”, *Journal of Materials Processing Technology*, 199:431–436.

OLSEN, K.A.; SAETRE, P.; THORSTENSON, A. (1997),. “A Procedure-Oriented Generic Product structure” , *Computers ind. Engng.*, 1: 29-45.

SOMAR, İ. (2004). “İşletme Kaynakları Planlaması, ERPI, ERPİİ”, http://www.inotecbilgimerkezi.com/cinfocenter/pdfs/34_isletme_Kaynak_Planlama_MRP.pdf, (09.02.2012).

STONEBRAKER, P.W. (1996). “Restructuring the bill of material for productivity: A strategic evaluation of product configuration”, *Int.J. Production Economics*, 45:251-260.

TRENTIN, A.; PERIN E.; FORZA, C. (2011), “Overcoming the customization-responsiveness squeeze by using product configurators: Beyond anecdotal evidence”, *Computers in Industry*, 62(3):260-268.

TSENG, H.; CHANG, C.; CHANG, S. (2005), “Applying case-based reasoning for product configuration in mass customization environments”, *Expert Systems with Applications*, 29(4): 913-925.

VAN VEEN, E.A. ve WORTMANN, J.C. (1992), “New Developments in generative BOM processing systems”, *Production Planning & Control*, 3(3): 327-335.

YANG, D. ve DONG, M.(2012). “A constraint satisfaction approach to resolving product configuration conflicts”, *Advanced Engineering Informatics*, 26(3): 592-602.

ZHOU C.; LIN Z.; LIU C. (2008). “Customer-driven product configuration optimization for assemble-to-order manufacturing enterprises”, *Int J Adv Manuf Technol*, 38:185–194