

KARMAŞIK DOKUMA YAPILARININ BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIMINA MATEMATİKSEL YAKLAŞIM

Prof. Dr. Güngör BAŞER
E.Ü. Müh. Fak. Tekstil Müh. Bölümü, İZMİR

Çağdaş teknolojinin en güçlü aracı bilgisayar bugün tasarım sürecinde de etkinliğini gittikçe arttırmaktadır. Kumaşların estetik ve fiziksel tasarımında bilgisayardan çok yönlü olarak yararlanılabilir. Kumaşın yapısal tasarımı, yapıyı belirleyen temel kumaş parametrelerine sayısal değer vererek gerçekleşir. Kumaşın işlevine bağlı amaçları sağlayan tasarım değişkenlerine verilecek değerlerin seçimi uygun bir algoritma ile bilgisayara yaptırılabilir. Yapısal tasarımı gerçekleştirilmiş kumaşın görünümü de bilgisayar ekranında başarılı bir biçimde elde edilebilir.

Basit kumaşların fiziksel ve estetik tasarımının bilgisayarda yapılmasına ilişkin çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Başer, 1984-1; Başer ve Küçükçkara, 1989; Başer ve Özden, 1990). Bu çalışmada motifli ve çift katlı karmaşık kumaş yapılarının fiziksel ve estetik tasarımına matematiksel yaklaşımın nasıl yapılabileceği araştırılmakta; bu amaçla geliştirilen bilgisayar programları tanıtılmaktadır. Motifli kumaşlarda kumaş gramajı ile motif boyutları, çift katlı kumaşlarda ise, kumaş gramajı ile yüz ve arka sıklıkları arasındaki dengeyi sağlayacak olan uygun iplik numaralarının seçimini yapan algoritmalar açıklanmaktadır.

MATHEMATICAL APPROACH TO COMPUTER AIDED DESIGN OF COMPLEX WOVEN FABRIC STRUCTURES

The computer which is the most powerful apparatus of modern technology is increasing its influence today in the design field, too. Multi sided benefits can be gained by the computer in the physical and aesthetic design of fabrics. The structural design of a fabric can be realized by assigning numerical values to basic fabric parameters defining the structure.

The selection of the values to be assigned to the design variables which satisfy the objectives related to the function of the fabric may be done by the computer through a suitable algorithm. The appearance of the fabric whose structural design has been achieved may also be obtained successfully on the computer screen.

Various works have been carried out related to the physical and aesthetic design of the simple fabrics on the computer (Başer, 1984-1; Başer and Küçükçkara, 1989; Başer and Özden, 1990). It is investigated, in this work, how a mathematical approach may be made to the physical and aesthetic design of figured and two-fold complex fabrics, and the computer programmes prepared to this end are described. The algorithms are explained, which enable the selection of figured and two - fold complex fabrics and the computer programmes prepared to this end are described. The algorithms are explained, which enable the selection of suitable yarn counts providing a balance between the unit fabric weight and figure dimensions in the case of figured fabrics and between the unit fabric weight and the face and back setts in the case of two-fold fabrics.

1. GİRİŞ

Bir ürünün tasarımı fiziksel bir varlık olarak ürünün yapısının ve görünümünün belirlenmesi olarak tanımlanabilir. Bu genel tanıma ayrıntıya giderek geliştirecek olursak, ürünün yapısal tasarımı

ürünü oluşturacak malzemelerin seçimini, ürünün boyutlarının ve malzemenin çeşitli biçimlerde kullanımı ile oluşan iç yapısının belirlenmesini içeren bir çalışma olacaktır ki, buna ürünün "Fiziksel Tasarımı" diyebiliriz. Tasarım çalışmalarının bir başka

boyutu ise, ürünün dış görünümünün çeşitli estetik değerler oluşturacak biçimde planlanmasıdır. "Estetik Tasarım" diyebileceğimiz bu sürecin fiziksel tasarım süreci ile iç içe ve uyum içinde yürütülmesi zorunlu endüstriyel tasarımın temel sorunudur. Dokuma kumaşların estetik ve fiziksel tasarımına ilişkin sorunlar önceki bir yazıda (Başer, 1984-2) geniş ve ayrıntılı biçimde incelenmişti. Dokuma kumaşların tasarımında diğer birçok endüstriyel ürünün tasarlanmasında olduğu gibi fiziksel yapı ve estetik görünüm arasında uyumlu ilişkiler olması yanında, tasarlanan ürünün üretilebilir olması, bir başka deyişle teknik olanakların tasarlanan ürünün yapısını sağlamaya yeterli olması gerekir. Özellikle motifli kumaşlarda, motif özellikleri ile dokuma tezgahının tasarım kapasitesinin uyum içinde olma zorunluluğu vardır. Bu konuya ileride daha ayrıntılı olarak değinilecektir.

1.1. Tasarım Teorisi

Tasarım çalışması, bitmiş ürünün yapısının ve bu yapı ile uyumlu ve bağlantılı olarak ürünün görünüm özelliklerinin belirlenmesi için yapılan bir dizi seçme işleminden oluşur. Bu açıklama kendi içinde tasarım çalışmasının çok sayıda seçenekten uygun seçmeler yaparak oluşturulan bir sentez yaklaşımı olduğuna işaret etmektedir. O halde ürünün yapısını ve görünümünü belirleyen bir dizi önemli değışkene uygun değerler verilecektir. Bu değerlerin uygunluğu ise şu üç kritere göre değerlendirilir:

1. Seçilen değerlerin belirli sınırlar içinde kalmaları
2. Seçilen bir değerin diğer tüm değerlerle bağdaşır, ya da bir arada bulunabilir nitelikte olması
3. Seçimlerin tasarım amacına uygun yönde olması

Bu üç kuralı somutlaştırmak gerekirse 1. kural için iplik numarasının bir alt ve bir üst sınır içinde olması gereği örnek olarak verilebilir. 2. kurala örnek olarak kumaşın birim ağırlığı için düşük bir değer seçilmişse, kumaşın dokunmasında kullanılacak ipliğin kalın olmaması gerektiği söylenebilir. 3. kural için yazlık bir kumaş tasarlarken ipliklerin ince, gramajın düşük, örgünün seyrek bir yapı oluşturacak biçimde seçilmesi gerektiğine dikkat çekilebilir.

Şimdi bu anlatılanları daha genel ve matematik terimleriyle açıklayalım:

Ürünün önemli özellikleri, $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ değışkenleri ile gösterilsin. Bu değışkenlerin her biri,

$$a_i \leq x_i \leq b_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

eşitsizliğini sağlamalıdır. Burada a_i ve b_i sabit sayılardır. Değişkenler arasında ise çeşitli ma-

tematiksel bağıntılar olabilir. Bu bağıntıları,

$$x_p = f(x_q, x_r, x_s, \dots) \quad (2)$$

biçiminde gösterebiliriz. Bu durumda x_p , p 'nin 1 ile n arasında bir değer aldığı bağımlı bir değışken, x_q, x_r, x_s, \dots diğer bazı değışkenlerdir. Diğer yandan x_i değışkenleri içinde (2) eşitliği ile verilen bağımlı x_p değışkenleri dışında diğer hiçbir değışkene bağılı olmadan bağımsızca seçilebilecek değışkenler de bulunabilir. O zaman (2) eşitliklerinin bir bölümü, x_p bağımlı değışkeninin bu bağımsız değışkenlerin fonksiyonu biçiminde yazıldığı eşitlikler olacaktır. Bu durumda, x_q, x_r, x_s, \dots bağımsız değışkenler olacaktır ki bunlara "Tasarım Değişkenleri" denir. O zaman her bir bağımsız değışkene bir değer atandığında bir ürün tasarlanmış olur; çünkü diğer tüm bağımlı değışkenler bu değerlerden (2) eşitlikleri kullanılarak hesaplanabilirler. O halde ürün seçeneklerinin toplam sayısı her bir tasarım değışkenine atanan, n_r, n_q, n_s, \dots sayılarının çarpımı, $n_r \cdot n_q \cdot n_s, \dots$ olacaktır. Tasarım probleminin çözümü ise değerleri atanmış x_q, x_r, x_s, \dots dizileri içinde amacı sağlayan en uygun dizinin seçimi ile gerçekleşir.

Bir ürünün tasarımında birden çok amaç olabilir. Ürünün performans özellikleri, fiyatı ya da boyutu ayrı ayrı ya da birlikte amaç olabilir ve bağımsız değışkenleri içeren amaç fonksiyonları olarak,

$$A = F(x_q, x_r, x_s, \dots) \geq c \quad (3)$$

biçiminde yazılabilirler. Eğer (3) eşitliği bağımsız değışkenlerin lineer bileşimleri olarak yazılabilirse, bu denklem bir lineer programlama problemi olarak düşünülebilir. Ancak tasarım problemlerini bu biçimde çözmek oldukça zordur; çünkü maliyet olsun, performans özellikleri ya da boyutsal özellikler olsun, bu fonksiyonların çok kez lineer ya da lineerize edilebilen denklemler olarak yazılmaları zordur. Bununla birlikte örneğin motifli bir kumaşın fiziksel ve estetik tasarımını Simplex algoritması uygulayarak fiziksel ve estetik fonksiyonları maksimize edecek biçimde bilgisayarda yapan bir optimizasyon yaklaşımı başarıyla uygulanmıştır (Fekimoğlu, 1985).

1.2. Dokuma Kumaşların Tasarımında Temel Sorunlar

Dokuma kumaşların endüstriyel tasarımında verilen bir örneğin analizi sonucu elde edilen verilere dayanarak kumaşın yeniden tasarımı ile belirli gramaj ve örgüde olan bir kumaşın teknik tasarımı biçiminde iki farklı yöntem uygulanmaktadır. Bunlardan analiz yaklaşımı daha yaygın olup bu yazının konusu dışındadır.

Teknik tasarım yaklaşımı ile daha çok basit yapı

kumaşlar tasarlanmaktadır. Bu uygulama desen ya da dizayn büroları olmayan fabrikalarda dokuma işletmesi içinde planlanıp gerçekleştirilmektedir. Endüstride genellikle standart kumaş konstrüksiyonlarına grafik yaklaşım yapılmaya çalışıldığından, ayrıntılı tasarım çalışmaları yerine denemelere dayalı ürün geliştirme yaklaşımı yapılmaktadır. Ne var ki üretilen kumaşların her zaman doğru tasarlandığı, istenen performans özelliklerini sağladığı ya da yapılabilenin en iyisi olduğu söylenemez.

Kumaş maliyeti bir yana bırakılırsa, genelde kumaş gramajına bir amaç fonksiyonu işlevi yüklenmektedir. Daha önceki bir çalışmada istenen gramajda bir kumaşı, istenen ende ve işletmede var olan tarak numaralarına uygun olarak tasarlayan bir algoritma geliştirmişti (Başer, 1984-1). Değişken sayısını azaltmak için önce iplik numara ve sıklıkları eşit kabul edilerek, iplik numarası N ve sıklık S değişkenleri cinsinden kumaş gramajı W ,

$$W = \frac{2kS}{N} \text{ g / m}^2, \text{ k = sabit} \quad (4)$$

biçimindeki basit bir fonksiyon olarak gösterilebilir. Ne var ki sıklık değişkenine atanacak her değer gerçek bir kumaşı tanımlamaz; çünkü iplik numarası ve örgü türüne bağlı olarak kumaşta belirli bir yapı dayanıklılığını sağlayacak bir sıklık değeri söz konusu olduğu gibi, gerek geometrik bakımdan olası olan, gerekse mekanik olarak dokunabilirliği sağlayan bir sıklık değeri söz konusudur. Sıklık, iplik numarası ve örgü arasındaki bu ilişkiyi tanımlayan bir sıklık teorisi,

$$S = F_w K \sqrt{N} \quad (5)$$

olarak gösterilebilir. Burada F_w , örgünün sıklığa etkisini belirleyen 1'den küçük bir katsayı, K ise iplik cinsinin iplik çapına etkisini belirleyen bir katsayıdır.

(5) eşitliği ile verilen S değeri (4) eşitliğinde yerine konarak iplik numarası için, gramaja bağlı ve

$$N = \left(\frac{2kK F_w}{W} \right)^2 \quad (6)$$

formülüyle belirlenen bir değer hesaplanabilir. Geliştirilen hesap algoritmasında bu değer bir başlangıç değeri olarak kullanılmıştır.

Dokuma kumaş tasarımının bu basit çözümünde gramaj amaçlanan özellik, iplik numarası ve örgü bağımsız değişkenler, sıklık bağımlı değişken, (4) eşitliği amaç fonksiyonu, (5) eşitliği de bağımlılık ilişkisidir. Ancak iplik numarası için çözgü ve atkı iplik numaraları, N_1 , N_2 , sıklık için çözgü ve atkı sıklığı, S_1 , S_2 olmak üzere daha fazla değer konusu olabilir. N_1 , ve N_2 'yi bir N başlangıç değerine göre tanımlanan değerler olarak yeniden belirleyerek

kumaş yeniden tasarlanıp kumaşın dokunabilmesi için gerekli tüm teknik parametreler hesaplanırken, gramajın da istenen değere yakın olmasını sağlayan bir algoritma ile teknik tasarım problemini oldukça tatminkar bir biçimde tüm teknik parametreleri de içeren bir proje biçiminde hazırlama gereği de yerine getirilmiş olacaktır.

1.3. Tasarımda Bilgisayarın Sağladığı Olanaklar

Tasarım çalışması amacı sağlayan bir ürünü oluşturacak özelliklere atanacak değerlerin uygun seçimi biçiminde sonuçlanacağına göre, amaca uygun bir seçimin yapılabilmesi için atanan değerlerin amacı sağlayıp sağlamadığının görülmesi, amaca ulaşamamışsa yeni atamaların yapılması gerekmektedir. Bu sürecin bir optimizasyon problemi biçiminde formüle edilmesi durumunda bilgisayar uygun algoritmalarla bu problemin makul bir bilgisayar zamanı içinde çözümünü sağlar. Bunun olanağı olmadığı durumda bilgisayarda tasarım değişkenlerine değerler atanarak simülasyon yaklaşımı ile amaç fonksiyonu hesaplanıp, amaca ulaşmadığı sürece tasarım değişkenlerine belirli bir plana göre yeni değerler atanarak uygun çözüm elde edilmeye kadar iterasyona devam edilebilir. Yukarıda açıklandığı gibi, basit yapı dokuma kumaşların tasarımında amaç fonksiyonunun gramaj olduğu durumda, iplik numarası için bulunan bir başlangıç değeri bu süreci uygun bir noktadan başlatmakta yararlı olmaktadır. Aynı gramajda bir dokuma kumaş atkı ve çözgüde farklı numara iplikler kullanılarak oluşturulabildiği gibi, sıklıklar uygun yönde değiştirilmek koşuluyla daha ince ya da daha kalın ipliklerle de oluşturulabilir. Dolayısıyla bilgisayar amacı sağlayan bir dizi kumaş içinden en uygununu seçmek için tasarımcının büyük zamanını alacak iteratif hesapları çok kısa sürede yaparak tasarımcıya yardımcı olacaktır. Diğer yandan tasarımcılar uygulamada pek iteratif hesaplar yapmazlar. Bunun yerine şablon çalışması çerçevesinde birbirine yakın çok sayıda kumaş örneği el tezgahlarında dokunarak, ya da belirli bir hesap sonucu belirlenen tasarım değişkenlerinde ufak değişiklikler yaptıktan sonra işletmede birkaç tip deneme kumaşı dokunarak sonuca varılır. Bu da hem masraflı, hem zaman alıcı, hem de tasarımcıyı kısıtlayan bir çalışma biçimidir. Bilgisayar burada bize önemli olanaklar sağlamaktadır.

Bilgisayar kumaşın estetik tasarımı açısından da belki daha geniş olanaklar sağlamaktadır. Örneğin çizgili kumaşlarda olduğu gibi değişik örgülerle düzenlenen yapılarda dokunan kumaşların görünümünü bilgisayar ekranında elde ederek, şablon dokumadan bilgisayarda oluşturulan çok

sayıda seçenek kumaşın yüzey görünümü açısından incelenebilir. Benzer biçimde çeşitli atkı ve çözümlü renk planlarına göre renkli ipliklerle dokunan bir kumaş için elde edilebilecek çok sayıda renk efekti bilgisayar ekranında simüle edilerek uygun seçimler yapılabilmektedir. Bu tür programlar tekstil mühendisliği lisans öğrencileri tarafından diploma projeleri çerçevesinde yapılabilmektedir. Motifli kumaşların çeşitli motif seçeneklerine göre yüzey görünümleri ile bilgisayarda geliştirilen motifli kumaş yapılarının tahar ve armür planları başarılı biçimde bilgisayarda elde edilebilmiştir (Çitimoğlu, 1992).

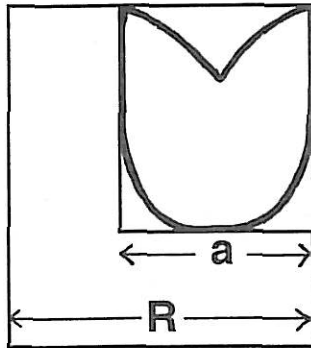
2. MOTİFLİ KUMAŞLARIN BİLGİSAYARDA

TASARIMI

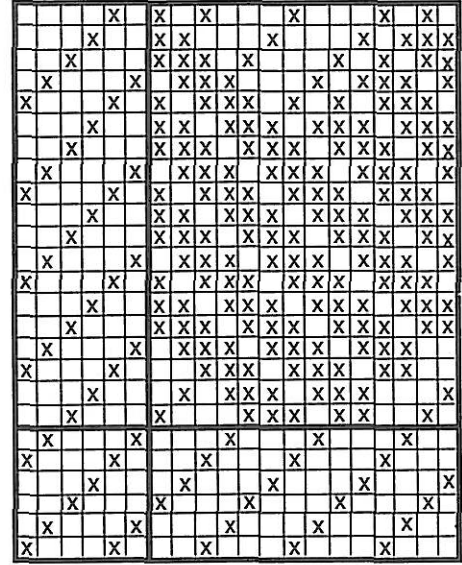
Gerek motifli kumaşların, gerekse takviyeli ve çok katlı yapıların fiziksel tasarımında matematiksel bir yaklaşımın nasıl yapılabileceği daha önceki bir dizi yazıda açıklanmıştır (Başer, 1975). Burada motifli bir kumaşın yapısal tasarımının bilgisayarda yapılabilmesi için geliştirilen algoritmanın ana formülleri tanıtılacaktır.

Şekil 1'de tek katlı bir motifli kumaş için yapılan yüzey planlaması görülmektedir. Burada motif ve zemin bölümlerinin boyutları gösterilmiştir. Şekil 2'de bu kumaşın nasıl bir örgü planı ile elde edilebileceği görülmektedir. Bu örgü planının birçok seçenektan yalnızca biri olduğunu, bu seçeneklerin uygun bir programla bilgisayarda kolayca elde edilebileceğini hatırlatalım.

Motifli kumaşlarda temel sorun tezgahın tasarım kapasitesi, bir diğer deyişle sağlayabildiği maksimum çerçeve sayısı ile motif boyutları ve sıklıklar arasındaki ilişkilerden kaynaklanmaktadır. Zemin örgüsü için örgü türüne bağlı olarak belirli sayıda çerçeve gerekecektir. Kumaşta kenar oluşturmak için de çerçeve gerekebilir. Eğer tezgahın tasarım kapasitesi çerçeve sayısı olarak A_0 ise, zemin ve kenar



Şekil 1. Tek katlı bir motifli kumaş için yüzey planlaması



Şekil 2. Örgü bileşimi ile elde edilen bir motifli kumaş için örgü düzenlemesi

örgüleri için gereken çerçeve sayısı bundan çıkarıldığında motif için kullanılacak çerçeve sayısı A olsun. Eğer motifte simetriden yararlanılmamış ve motifli oluşturan örgü bölümünde Şekil 2'de görüldüğü gibi her çözümlü ipliği ayrı bir çerçeve ile kontrol ediliyorsa, motif için kullanılacak çerçevelerin tümünden yararlanıldığı durumda çerçeve sayısı A , çözümlü sıklığı S ve motif genişliği a arasındaki ilişki,

$$S = \frac{A}{a} \quad (7)$$

biçiminde olacaktır. Ne var ki sıklık ile iplik numarası ve örgü arasında sıklık teorileri ile tanımlanan bir ilişki olduğu gibi, istenilen gramajı verecek iplik numaraları ve sıklıklar da ayrı bir bağıntı içinde bulunmaktadır. Bu ilişkiler (4) ve (5) eşitliklerini birleştiren (6) eşitliği ile tek bir formülle gösterilebilir. Ancak ekstra iplikli yapılarda ekstra ipliklerin ya da motif ipliklerinin ağırlığı da gramaja katkıda bulunduğundan, ayrıca bu ipliklerin numaralarının farklı olması da söz konusu olduğundan (6) eşitliğinin bu tür yapılar için farklı olarak yazılması gerekmektedir.

Motifli kumaşlarda ve özellikle armürlü tezgahlar kullanıldığında istenen motif büyüklüğünü elde etmek bir sorun olduğu gibi, çok kez büyük motifler elde etme estetik açısından bir amaç olabilmektedir. Bu açıdan a büyüklüğü bir tasarım değişkeni olarak önemli olup, (7) eşitliğinde görüldüğü gibi sıklığı, dolayısıyla iplik numarasını etkileyecektir. Diğer yandan motif çevresinin net olarak elde edilebilmesi için motifli oluşturan bölümde en fazla sayıda iplik kullanılması da yeğlenir. Bu da yine (7) eşitliği nedeniyle sıklığı, dolayısıyla iplik numarasını etkiler.

2.1. Örgü Bileşimi ile Elde Edilen Motifli Kumaşların Tasarımı

Şekil 2'de verilene benzeyen örgü bileşimleri ile elde edilen motifli kumaşların tasarımında gramaj, motif genişliği ve motif çevre netliği ayrı ayrı ve birlikte farklı üç amaç olduğundan tasarım sürecinde çeşitli yaklaşım seçenekleri söz konusu olabilmektedir. Şimdi bu tasarım problemini basitten karmaşığa doğru çeşitlendirerek seçenekleri inceleyelim:

1. Yüzey planlaması yapılmış, motif genişliği ve örgü belirlenmiştir. Motif çevresinin net olarak elde edilebilmesi için motifte kullanılacak maksimum çerçeve sayısının tümü kullanılacaktır. Bu durumda a, A ve F_w belirlidir. O halde (5) ve (7) eşitliklerinden iplik numarası için bir başlangıç değeri,

$$N = \left(\frac{A}{a F_w K} \right)^2 \quad (8)$$

olarak elde edilir. Sıklık ve iplik numarası belli olduğundan gramaj da belirlidir. Bu durumda istenen gramajı elde edebilmek olanaklı olmayabilir.

2. Birinci durumda olduğu gibi a, A belirlidir. İstlenen gramajı veren uygun bir örgünün seçimi için F_w , (6) ve (8) eşitliklerinden,

$$F_w = \sqrt{\frac{AW}{2 a k}} K \quad (9)$$

olarak elde edilir.

3. Motif büyüklüğü ve gramaj birlikte elde etmek istenen amaçlar olduğuna göre (4) ve (7) eşitliklerinden,

$$S = \frac{WN}{2k} = \frac{A}{a} \quad (10)$$

elde edilir. Iplik numarası N ve örgü faktörü F_w (5) eşitliği ile gösterilen sıklık teorisine uymak zorunda olduğuna göre, bunu sağlayan (6) eşitliği ile verilen iplik numarası (10) eşitliğinde yerine konduğunda,

$$\frac{A}{a} = \frac{2 k K^2 F_w^2}{W} \quad (11)$$

eşitliği elde edilir. Bu eşitlik,

$$\frac{WA}{a F_w^2} = 2 k K^2 \quad (12)$$

olarak da gösterilebilir. Bu denklemin sağ tarafında sabit bir sayı, sol tarafında ise W, F_w ve a, olmak üzere üç tasarım değişkeni ile bir maksimum değeri geçemeyen A çerçeve sayısı bulunmaktadır. O halde W, F_w , ve a tasarım değişkenlerine çeşitli değerler vererek (12) eşitliğini sağlamak koşuluyla dokunabilir kumaşlar tanımlanarak çeşitli tasarım

seçenekleri oluşturulabilir. Bu mantığa göre hazırlanacak bir bilgisayar programı esnek bir çalışma ortamı sağlar. Bu durumda iplik numarası için bir başlangıç değeri yine (6) eşitliği ile hesaplanabilir.

Eğer maksimum çerçeve sayısı ile motifin çevre netliği sağlanmak isteniyor ve örgü önceden belirlenmiş ise, (12) eşitliği gramaj ile motif büyüklüğü arasındaki ilişkiyi gösteren

$$\frac{W}{a} = \frac{2 k K^2 F_w^2}{A} = \text{Sabit} \quad (13)$$

biçimine dönüşür.

2.2. Ekstra İplikli Motifli Kumaşların Tasarımı

Atkı ya da çözgü yönünde olmak üzere ekstra ipliklerle motif oluşturulan tek katlı yapılarda da tasarım problemine benzer yaklaşımlar yapılabilir. Şekil 3'te ekstra çözgü bir motifli kumaş örgüsü iki farklı düzenleme içinde görülmektedir. Bunların birisinde her bir temel çözgü ipliğine karşılık bir ekstra çözgü kullanılarak 1:1 düzeni, diğerinde her iki temel çözgüye karşılık bir ekstra çözgü kullanılarak 1:2 düzeni uygulanmıştır. Sonuçta benzer bir motif elde edilecektir. Kullanılan ekstra ipliğin kalınlığına bağlı olarak motif alanı içinde bu ipliklerle tam bir örtme sağlanabileceği gibi, motif temel kumaş üzerinde yan yana aralıklı olarak dizilen aynı ya da farklı renkte ipliklerle de elde edilebilir.

Ekstra çözgüler ya da bir başka deyişle motif iplikleri kumaş ağırlığına, motif genişliğine, kalınlıklarına ve temel çözgüye göre kullanılma oranına bağlı olarak katkıda bulunurlar. Eğer bir motif ipliğine karşılık kullanılan temel çözgü sayısı n ile gösterilirse, motif ipliği sıklığı S_M ile temel çözgü sıklığı S arasında,

$$\frac{S_M}{S} = \frac{1}{n} \quad (14)$$

ilişki olacaktır. Eğer motif oluşturmak için kullanılacak çerçeve sayısı A, motif genişliği a ise, zemin örgü için çözgü sıklığı S,

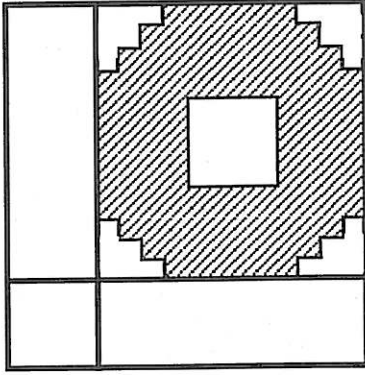
$$S = \frac{nA}{a} \quad (15)$$

biçiminde verilir.

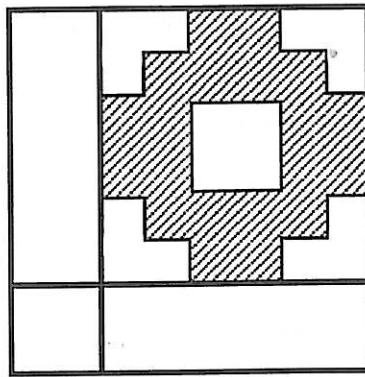
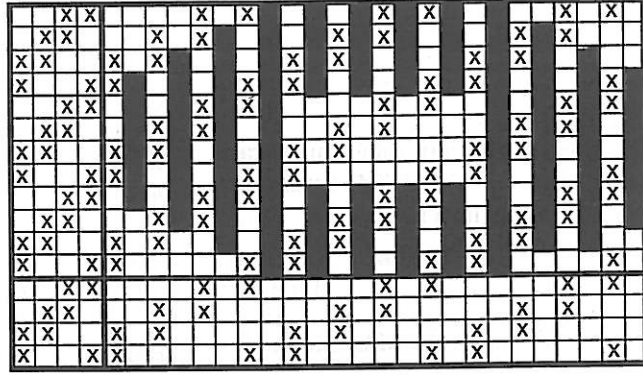
Eğer rapor genişliği R, çözgü ve atkı numara ve sıklıkları sırasıyla N_1 , N_2 , ve S_1 , S_2 , motif ipliği numarası ise N_M ise, 1 m² kumaşın ağırlığı,

$$W = k_1 \frac{S_1}{N_1} + k_2 \frac{S_2}{N_2} + k_1 \frac{a}{R} \frac{S_1}{n N_M} \quad (16)$$

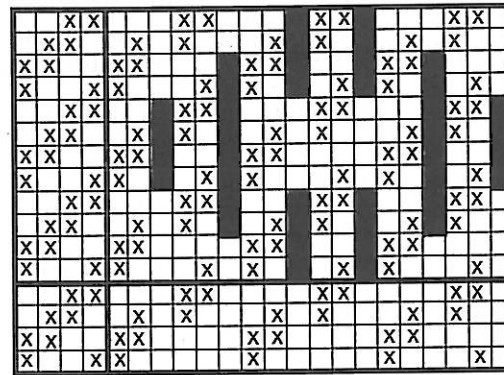
olacaktır. Şimdi $k_1=k_2=k$, $S_1=S_2=S$, $N_1=N_2=N_M=N$ kabul edilirse,



1:1 Düzenleme



1:2 Düzenleme



Şekil 3. Ekstra çözgüli motifli kumaş için iki farklı yüzey planlaması ve örgü düzenlemesi

$$W = \frac{kS}{N} \left(2 + \frac{a}{nR} \right) \quad (17)$$

elde edilir. Temel kumaş için sıklık teorisi uygulandığında iplik numarası için bir başlangıç değeri N ,

$$N = \left[\frac{k \left(2 + \frac{a}{nR} \right) FwK}{W} \right]^2 \quad (18)$$

formülüyle elde edilecektir.

Bu formül 1:1 düzeninde tasarlanan ekstra çözgüli motifli kumaşlar için uygun olup,

$$A = \frac{Sa}{n} \leq A_1 \quad (19)$$

koşulu sağlandığı zaman geçerlidir. Burada A_1 motif için kullanılacak maksimum çerçeve sayısıdır.

Eğer motif iplikleri olarak kullanılacak ipliklerin numarası, N_M , belli ise o zaman W için,

$$W = kS \left(\frac{2}{N} + \frac{a}{nRN_M} \right) \quad (20)$$

yazılarak, sıklık teorisinin uygulanması ile,

$$\frac{W\sqrt{N}}{2kF_wK} = 2 + \frac{a}{nR} \frac{N}{N_M} \quad (21)$$

eşitliği elde edilir. Bu denklemi sağlayan bir başlangıç iplik numarası N nümerik olarak bilgisayar yardımıyla kolayca hesaplanabilir. Bu formül 1:1'den farklı düzenler için de geçerli olacaktır ve (19) koşulu yine sağlanmak durumundadır.

Ekstra çözgüli motifli kumaş tasarımına tam bir mühendislik yaklaşımı yapılarak motif ipliğinin numarasını da hesaplayan bir algoritma şöyle geliştirilebilir:

Motif ipliklerinin motif yüzeyinde c ölçüsünde bir örtme sağlamasını istediğimizi varsayalım. Eğer yapı 1:1 düzeninde tasarlanmışsa, o zaman motif ipliği iki çözgü aralığını c oranında örtecek, diğer bir deyişle motif ipliği çapı d_M ,

$$d_M = \frac{c}{S} \quad (22)$$

olacaktır. İplik yassılması da dikkate alınır, yassılmış iplik kesitinin elips olduğu ve yassılma oranının ϵ olduğu varsayıldığında, büyük çapı d_M olan ipliğin serbest çapı, d ,

$$d = \sqrt{\epsilon} d_M = \frac{1}{K\sqrt{N_M}} \quad (23)$$

olarak yazılabilir. (22) eşitliğinden d_M yerine konursa, motif ipliğinin numarası, N_M ,

$$N_M = \frac{S^2}{c^2 K^2 \epsilon} \quad (24)$$

formülüyle verilir. S yerine çözgü ipliği numarası cinsinden değeri sıklık teorisine göre (24) eşitliğinde yerine konduğunda, motif ipliğinin numarası,

$$N_M = \frac{F_w^2}{c^2 \epsilon} N \quad (25)$$

olarak elde edilir. Eğer yapı 1:n düzeninde tasarlanmışsa (25) eşitliği,

$$N_M = \frac{F_w^2}{c^2 n^2 \epsilon} N \quad (26)$$

biçimini alır. N_M 'in bu değeri (16) eşitliğinde kullanılırsa,

$$N = \left[\frac{k \left(2 + \frac{a n c^2 \epsilon}{R F_w^2} \right) F_w K}{W} \right]^2 \quad (27)$$

formülü elde edilir. Pratikte $c=0.8$, $\epsilon=0.5$, $k=110$ değerleri uygun sonuçlar verir.

(21) eşitliğinin de (19) koşulunu sağlaması gerekmektedir. Eğer motif için kullanılacak tüm çerçevelerin kullanıldığı durumda gramaj ile motif genişliği arasında (13) eşitliği ile verilene benzer bir bağıntı bulmak istersek, bu bağıntı

$$\frac{W}{a} = \frac{k K^2 F_w^2 \left(2 + \frac{a n c^2 \epsilon}{R F_w^2} \right)}{n A} = \text{sabit} \quad (28)$$

biçiminde olacaktır. Çerçeve sayısının aşılması durumunda motifi biraz küçültmek ya da gramajı biraz artırmak yoluyla uygun bir tasarım yapılabilir.

3. ÇİFT KATLI KUMAŞLARIN TASARIMI

Çift katlı kumaşlar ağır gramajlı, genelde kışlık giysilik ve döşemelik kumaşlardır. Bu kumaşlar dokuma tezgahında aynı anda oluşan iki tek katlı kumaşın üç farklı biçimde birbirlerine bağlanması ile elde edilirler. Bu farklı üç bağlama yöntemi Şekil 4'te gösterilen kumaş kesit resimlerinde görülmektedir. "Kendinden Bağlamalı Çift Katlı Kumaş"larda bir katın atkı ya da çözgü ipliğinin diğer kata geçerek karşıt iplikle bağlanması sağlanır. "Ortadan Bağlamalı Çift Katlı Kumaş" ta iki kumaş katı arasına yerleşen çözgü yönündeki özel bağlama iplikleri üst ve alt katın çözgüleri ile bağlanarak iki kumaş katının bağlanmasını sağlarlar. "İki Yüzlü" ya da "Yer Değiştirmeli Çift Katlı Kumaş"larda üst katın

atkıları ya da çözgüleri alt katın atkıları ya da çözgüleri ile yer değiştirilerek her iki kumaş yüzünde de yer alırlar.

Kendinden bağlamalı çift katlı yapılar kışlık giysilerde ve endüstriyel kumaşlarda kullanılırlar. Kumaş oldukça sağlam ve sert olarak elde edilir. Ortadan bağlamalı çift katlı yapı kalın palto ve mantoluklarda kullanılır; kalın ve yumuşak bir kumaş dokusu sağlar. İki yüzlü çift katlı yapılar ise, yer değiştiren ipliklerde farklı renkler kullanıldığında renkler de her iki kumaş yüzünde yer değiştireceğinden, perdelik, örtülük ve döşemelik kumaşlarda motif efektleri oluşturmak için kullanılırlar. Diğer yandan, kendinden bağlamalı çift katlı kumaşlarda da ekstra atkı veya çözgü iplikleriyle motif efektleri elde edilebilir. Bu durumda daha karmaşık bir yapı oluşur. Ortadan bağlamalı çift katlı kumaşlarda da kumaşın arkasında genellikle ekose desen biçiminde bir renk efekti oluşturularak "Astarlı Kumaş" olarak bilinen kumaşlar elde edilir.

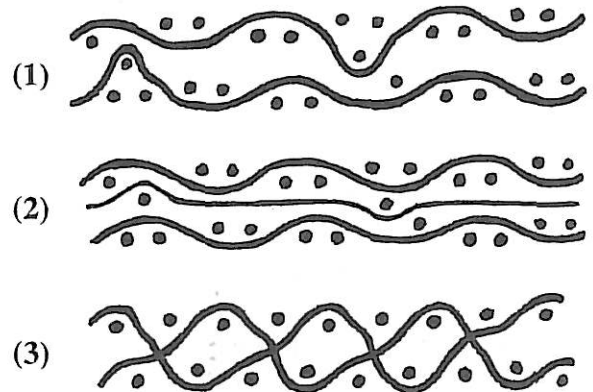
Çift katlı yapılarda kumaşın yüzünde ve arkasında farklı örgüler ve farklı sıklıklar düzenlenebilir. Bu durumda her iki yüzde de yeterli örtme sağlanması için kullanılan örgüye de bağlı olarak farklı numaralarda iplik kullanılacaktır.

Şimdi bir kendinden bağlamalı ya da iki yüzlü çift katlı kumaşın teknik tasarımının bilgisayar yardımıyla yapılabilmesi için bir başlangıç iplik numarasının nasıl hesaplanabileceğini inceleyelim:

Çift katlı kumaşın yüzündeki sıklık S_Y , arkasındaki sıklık S_A , yüzde kullanılan atkı ve çözgülerin numarası da aynı ve N_Y olsun. Bu durumda yüzde ve arkada uygulanacak sıklıkların oranı, $t=S_Y/S_A$ olsun. O halde kumaş gramajı W, basit biçimde

$$W = \frac{2kS_Y}{N_Y} + \frac{2kS_A}{N_A} \quad (29)$$

olarak gösterilebilir.



Şekil 4. Üç farklı çift katlı kumaş oluşturma yöntemi
(1) Kendinden bağlama, (2) Ortadan bağlama,
(3) Yer değiştirme

Her iki yüz için sıklık teorisi ayrı ayrı uygulanırsa,

$$S_Y = F_Y K \sqrt{N_Y} \quad (30)$$

$$S_A = F_A K \sqrt{N_A} \quad (31)$$

eşitlikleri elde edilir. (30) ve (31) eşitliklerinin bölünmesinden,

$$\frac{S_Y}{S_A} = t = \frac{F_Y \sqrt{N_Y}}{F_A \sqrt{N_A}} \quad (32)$$

elde edilir. Buradan yüz ve arka iplik numaraları arasında,

$$N_A = \left(\frac{F_Y}{t F_A} \right)^2 N_Y \quad (33)$$

ilişkisi elde edilecektir.

(29) eşitliğinde S_Y ve S_A için (30) ve (31) eşitliklerindeki değerleri ve N_A değeri yerine N_Y cinsinden değeri yerlerine konduğunda, yüz iplikleri için başlangıç değeri N_Y ,

$$N_Y = \left[\frac{2k F_Y K \left(1 + \frac{t F_A^2}{F_Y^2} \right)}{W} \right]^2 \quad (34)$$

formülüyle elde edilebilir.

Şimdi ortadan bağlamalı çift katlı kumaşlarda benzer bir yaklaşım yapalım. Ancak bu kumaşlarda bağlama ipliği genellikle ince ve sağlam bir kamgarn ipliği olarak başta belirlenir. Bu ipliklerin numarası N_B ile gösterilsin. Yüz, bağlama ve arka iplik sıklıkları sırasıyla $y:b:a$ oranlarında olsun. Bu durumda

$$\frac{S_B}{S_Y} = \frac{b}{y}, \quad \frac{S_A}{S_Y} = \frac{a}{y} \quad (35)$$

olacaktır. O halde kumaş gramajı,

$$W = \frac{2k S_Y}{N_Y} + \frac{2k S_A}{N_A} + \frac{k S_Y b}{N_B y} \quad (36)$$

olur. Sıklık teorileri aşağıdaki gibi uygulandığında,

$$\frac{S_A}{S_B} = \frac{F_A \sqrt{N_A}}{F_Y \sqrt{N_Y}} = \frac{a}{y} \quad (37)$$

eşitliğinden, yüz ve arka iplik numaraları arasında,

$$N_A = \left(\frac{a F_Y}{y F_A} \right)^2 N_Y \quad (38)$$

bağıntısı elde edilir.

(37) ve (38) eşitlikleri (36) eşitliğinde kullanıldığında,

$$W = \frac{2k F_Y}{\sqrt{N_Y}} \left(1 + \frac{y F_A^2}{a F_Y^2} + \frac{b N_Y}{2y N_B} \right) \quad (39)$$

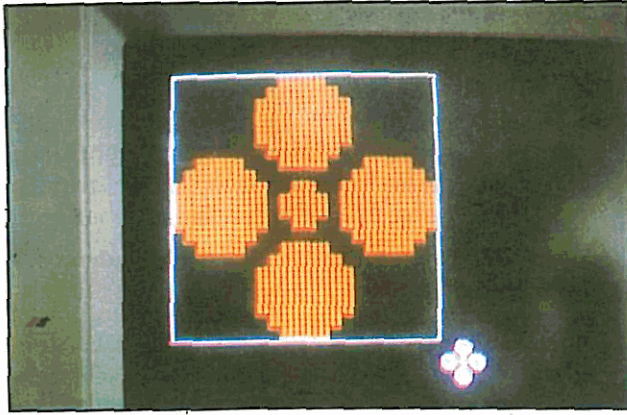
denklemini elde edilecektir. Bu denklemden N_Y çözülebilir.

4. KARMAŞIK YAPILARIN BİLGİSAYARDA ESTETİK TASARIMI

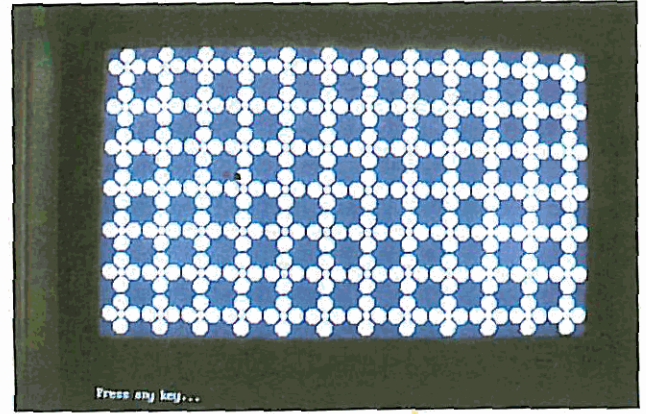
Karmaşık kumaşların estetik tasarımında bilgisayardan yararlanmak ve kumaş görüntüsünü gerçeğe yakın biçimde bilgisayar ekranında elde etmek için bazı çalışmalar yapılmıştır. Çitimoğlu'nun (1992) çalışmasında, motifli kumaşların tasarımı için önce motif ekranda istenen boyut ve biçimde elde edilmekte, istenirse büyütülebilmekte, daha sonra istenen boyutlarda bir zemin örgüsü üzerine yerleştirilmekte, istenirse zemin örgüsünün belirlenen alanı içinde uygun düzende tekrarlanabilmekte, son olarak renklendirilerek kumaş görüntüsü elde edilmektedir. Ekranda geliştirilen motiflerin saklanarak tekrar kullanılma olanağı sağlanmıştır.

Bir menüden çalıştırılan program paketi, tahar ve armür planlarını da ekranda vermektedir. Resim 1' de bu programla bilgisayar ekranında bir çiçek motifinin nasıl elde edildiği ve kareli alanda elde edilen motifin kumaştaki görüntüsü daha küçük olarak sağ köşede görülmektedir. Program motifin "örgü bileşimi ya da ekstra ipliklerle elde edilme seçeneklerine sahiptir. Motif örgü bileşimi ile elde edildiğinde atkı ve çözgü iplikleri için farklı renkler atanarak renkli görüntü elde edilmektedir (Resim 2). Ekstra iplikli yapılarda ise, atkı ve çözgü iplik renkleri yanında, motif ipliği için de ayrı bir renk ekrana gelen renk paletinden sırasıyla seçim yaparak kullanılabilir. Zeminde kullanılan örgünün estetik özelliğinin ekrana yansıtılabilmesi için kullanılacak atkı ve çözgü iplikleri aynı renk olsa bile bilgisayara bunların aralarında ton farkı olan yakın renkler olarak girilmesi gerekecektir.

Çift katlı kumaşların estetik tasarımında kumaş yüzünün ve arkasının ayrı ayrı renkli görüntülerini veren bir renklendirme programının geliştirilmesi gerekecektir. Burada dikkat edilecek olan nokta, kumaş örgüsünün kareli kağıt üzerindeki gösteriminde kumaşa yüzünden bakıldığı durumdaki kesişme konumlarının gösterilmiş olduğu gerçeğidir. Kumaşa arkadan bakıldığında, yüzden bakıldığı zaman çözgünün üstte olduğu konumlar atkının üstte olduğu konumlara dönüşmekte, ayrıca soldan sağa



Resim 1



Resim 2

sıralanan çözgü iplikleri kumaşın arkasında sağdan sola yer almaktadır. Dolayısıyla tasarım programının renklendirme bölümünde kumaş arkasının renkli görünümü oluşturulmadan önce arka örgü ters çevrilerek renk planları uygulanacaktır. Bu yapılmazsa yanlış renk efektleri elde edilir, çünkü renk ve örgü efektlerinin oluşumunda renk planlarının örgü raporundaki başlangıç konumu önemlidir.

Kendinden bağlamalı çift katlı kumaşlarda renk efektleri pek uygulanmamaktadır. Ancak ekstra iplikli kendinden bağlamalı çift katlı kumaş konstrüksiyonları kullanılabilir. Bu durumda yalnızca kumaşın yüz görüntüsünün ekranda elde edilmesi yeterlidir.

Ortadan bağlamalı çift katlı kumaşlarda kumaş yüzünde bir balıksırtı örgü, arkasında bir ekose efekt kullanılmış olabilir. Bu durumda kumaş yüzünde tek renk olsa bile atkı ve çözgüde aralarında bir ton farkı olan iki renk, kumaş arkası için ise karmaşık bir renk planı uygulamak gerekecektir.

İki yüzlü çift katlı kumaşlarda ise yüzde görülen zemin ve motif renkleri arkada yer değiştirmektedir. Bu tür kumaşların yalnızca yüzünün renkli görüntüsü ile yetinilebilir. Arka yüzün de görüntüsü isteniyorsa programa örgünün tersini alan ve renk planındaki renklerin sırasını uygun biçimde değiştiren bölümler eklenebilir.

5. MOTİFLİ KUMAŞLAR İÇİN ÖRNEK BİR TEKNİK TASARIM UYGULAMASI

Bu çalışmada önerilen algoritmaların bir bilgisayar programına nasıl dönüştürülebileceğini ve kullanımında ne gibi yarar sağlayacağını göstermek için, örgü bileşimi ile elde edilen basit bir motifli tek katlı

kumaşın teknik tasarımını yapacak olan bir bilgisayar programında iplik numarası için bir başlangıç değeri hesaplayacak olan bir program bölümü yazılmıştır. Bu programda INPUT olarak örgü, sıklık teorisi, iplik katsayısı, kıvrım faktörü, kullanılabilir çerçeve sayısı ve motif genişliği girilerek (13) formülü kullanılmaktadır.

Program önce eldeki verilerden kumaş gramajını hesaplayarak kullanılabilir maksimum çerçeve sayısı ile elde edilecek gramajı belirlemektedir. Daha sonra amaçlanan gramaj girilerek bu gramajın ± 5 'er gram'lık aralıklarla verilen 10 seçeneği için elde edilecek motif genişlikleri ve bunlara karşılık gelen iplik numaraları bulunmaktadır. Program ikinci bir seçenek olarak da motif genişliklerini % 5'lik aralıklarla azaltarak elde edilen 10 seçeneğe karşılık gelen gramaj değerlerini ve iplik numaralarını hesaplamaktadır. Bu programın uygulanması ile elde edilen sonuçlar Tablo 1'de gösterilmiştir. Tablo'da görülen iki tasarım grubundan gramaj ya da motif genişliğinin amaç oluşuna göre yeğlenen gruptan uygun bir tasarım seçeneği bulunabilir.

6. SONUÇ

Karmaşık yapılı dokuma kumaşların tasarımı, yüzey tasarımı aşamasında bir sanat çalışması, daha sonraki üretime yönelik hazırlık aşamasında teknik bir çalışma olarak ele alınıp uygulanmaktadır. Bu yaklaşım tasarım sürecinin bütünlüğünü bozduğu gibi, uygulamada karşılaşılabilecek olan çeşitli teknik sorunların çözümünü de zorlaştırmaktadır. Bu nedenle bu tür çalışmalar ancak uzman kuruluşlarda önceki bilgilere ve deneyime dayalı olarak yapılmaktadır.

Bu yazıda konunun bir mühendislik tasarımı problemi olarak ele alınıp, matematiksel bir yaklaşımla karmaşık dokuma yapılarının tasarımının,

Tablo 1. Örgü bileşimi ile elde edilecek bir motifli yünlü kumaş için tasarım seçenekleri

Program Girdileri ve Başlangıç Değerleri			
Örgü türü	:2/2 Dimi		
İplik Cinsi	: Kamgarn		
Sıklık teorisi	: Ashenhurst		
Kıvrım faktörü:	120		
Motif genişliği	: 0.6 cm		
Kumaş gramajı:	250 g/m ²		
Çerçeve sayısı	: 18		
UYGULAMA SONUÇLARI			
SEÇENEK	Motif Eni cm	İplik No. Nm	Gramaj g/m ²
Gramaj değişken	0.62	30.2	230
	0.64	28.9	235
	0.65	27.7	240
	0.66	26.6	245
	0.68	25.6	250
	0.69	24.6	255
	0.70	23.6	260
	0.72	22.8	265
	0.73	21.9	270
Motif genişliği değişken	0.48	50.7	178
	0.51	44.9	189
	0.54	40.1	200
	0.57	36.0	211
	0.60	32.4	222
	0.63	29.4	233
	0.66	26.8	244
	0.69	24.5	255
	0.72	22.5	266
	0.75	20.8	277

NOT: Çerçeve sayısı değiştirilerek yeni seçenekler elde edilebilir.

bilgisayarın sağladığı olanaklardan da yararlanarak, bir bütünsellik içinde nasıl yapılabileceği gösterilmiştir. Önerilen algoritmalar kullanılarak hazırlanacak olan bir bilgisayar yazılım paketi ile tasarım sürecinin konunun uzmanı olmayan tekstil mühendis veya tasarımcıları tarafından çok esnek biçimde kişisel bilgisayar ortamında işletilmesi sağlanabilir.

7. KAYNAKLAR

- BAŞER, G. 1975. Dokuma Kumaşların Dizaynı için Temel Kurallar ve Yöntemler, Mensucat Meslek Dergisi, Cilt:28, Sayı:2,5,6,9.
- BAŞER, G. 1984-1. Dokuma Kumaş Tasarımında Bilgisayar Kullanımı, 1. Ulusal Bilgisayar Destekli Tasarım sempozyumu, 25-27 Nisan 1984, İzmir. Bildiriler. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi.
- BAŞER, G. 1984 - 2. Dokuma Kumaşların Estetik ve Fiziksel Tasarımı. E.Ü. Mühendislik Fakültesi Dergisi. Seri:D, Tekstil Mühendisliği, Cilt:2 Sayı:1-2.
- BAŞER, G., KÜÇÜKKARA, V. 1989. Çizgili Kumaşların Tasarımında Bilgisayar Kullanımı. Tekstil ve Makina, Yıl:3, Sayı:18.
- BAŞER, G., ÖZDEN, M. 1990. Renkli Desenli Kumaşların Bilgisayarda Tasarımı. Tekstil ve Makina, Yıl: 4. V. Tekstil Sempozyumu Özel Sayısı, Kasım 1990.
- ÇİTİMOĞLU, V. 1992. Tek Katlı Motifli Kumaşların Bilgisayarda Tasarlanması, Diploma Projesi, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, İzmir.
- HEKİMOĞLU, L. 1985. Dokuma Kumaşlarda Tasarım Parametrelerinin Optimizasyonu, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.