

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**GRAF RENKLENDİRME PROBLEMİNE
UYARLANMIŞ PERSONEL ATAMA UYGULAMASI**
(Yüksek Lisans Tezi)

Tezi Hazırlayan:
Murat Can Burak YILDIZ

İstanbul, 2017

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**GRAF RENKLENDİRME PROBLEMİNE
UYARLANMIŞ PERSONEL ATAMA UYGULAMASI**
(Yüksek Lisans Tezi)

Tezi Hazırlayan:

Murat Can Burak YILDIZ

Öğrenci No:

140792002

Danışman:

Yrd. Doç. Dr. Ümit TERZİ

İstanbul, 2017

YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “**Graf Renklendirme Problemine Uyarlanmış Personel Atama Uygulaması**” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve ananelere uygun şekilde şahsımca yazıldığını ve faydalandığım eserlerin tamamının kaynaklar bölümünde gösterildiğini ve çalışmamın içerisinde kullanıldığı her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım. 08/05/2017

Aday: **Murat Can Burak YILDIZ**

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ SAVUNMA SINAVI SONUÇ TUTANAĞI

Beykent Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Aşağıda tez adı belirtilen yüksek lisans öğrencisi 140732002 no'lu Murat Can Başak YILMAZ 08/05/2017 tarihinde yapılan tez savunma sınavı¹ sonucunda 60 dakika süreyle sunduğu ve savunduğu tezi hakkında² oybirliğiyle, kabul kararı verilmiştir.

Bilgilerinize saygılarımızla arz ederiz.

Anabilim Dalı : Endüstri Mühendisliği
Programı : Endüstri Mühendisliği
Tez Başlığı³ : Graf Renklendirme Problemine Uyarlanmış Personel Atama Uygulaması

Tez Sınav Jürisi

Öğretim Üyesi

İmza

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Ümit TERZİ
Üye : Yrd. Doç. Dr. Sabahattin Keren AYTULUN
Üye : Yrd. Doç. Dr. Yıldız ŞAHİN



¹ Jüri üyeleri söz konusu tezin kendilerine teslim edildiği tarihten itibaren en geç bir ay içinde toplanarak öğrenciyi tez savunma sınavına alır. Belirlenen günde yapılamayan jüri toplantısı, katılanların hazırladığı bir tutanakla enstitü yönetimine bildirilir. Bu durumda jüri en geç onbeş gün içinde toplanarak aday tez savunma sınavına alır. Tez savunma sınav süresi en az 45 dakikadır. Yüksek lisans tez savunma sınavı, tez çalışmasının sunulması ve bunu izleyen soru-yanıt bölümlerinden oluşur ve dinleyiciye açıktır. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-3)

² Tez sınavının tamamlanmasından sonra jüri, tez hakkında "kabul", "düzeltme" veya "red" kararı verir. Jüri başkanı, jüri üyelerince imzalanmış sınav tutanağını, tez sınavını izleyen üç gün içinde ilgili enstitü yönetimine teslim eder. Tezi başarısız bulunan öğrencinin Enstitü ile ilişkisi kesilir. Tezi hakkında düzeltme kararı verilen öğrenci en geç üç ay içinde gerekli düzeltmeleri yaparak ve yönetmelikte belirtilen usullere uygun olarak tezini aynı jüri önünde yeniden savunur. Bu savunma sınavında da tezi kabul edilmeyen öğrencinin enstitü ile ilişkisi kesilir. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-4)

³ İleride doğabilecek aksaklıkların engellenmesi için tezin başlığının yazılması gerekmektedir.

Adı Soyadı : Murat Can Burak YILDIZ
Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Ümit TERZİ
Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans Tezi, 2017
Alanı : Endüstri Mühendisliği
Anahtar Kelimeler : Graf teorisi, graf renklendirme, personel atama, iş sağlığı ve güvenliği, algoritma.

ÖZ

GRAF RENKLENDİRME PROBLEMİNE UYARLANMIŞ PERSONEL ATAMA UYGULAMASI

Bu tezde büyük ölçekte üretim gerçekleştiren bir sanayi tesisinde yürütülmekte olan iş sağlığı ve güvenliği hizmetlerinin verilmesi ile bunun için gerekli olan faaliyetlerin gerçekleştirilmesi sürecinde, tesis kampüsünde üretim faaliyetlerinin yapıldığı özel kümelenmiş bölgelere en uygun sayıda destek personel atanması problemine doğru bir çözüm aranmıştır.

Problemin çözülmesi amacıyla üretim faaliyetlerinin kümelendiği fiziki alanlar, çalışanların hareket bölgeleri, bölgeler arası ulaşılabilirlik ve mesafeler incelenmiştir. Yapılan incelemeye dayanılarak söz konusu tesis uygun bir graf (çizge) modeli olarak ifade edilmeye çalışılmıştır.

Graf (çizge) modeline uyarlanan personel atama ve iş sağlığı güvenliği hizmetlerinin etkinleştirilmesi problemi, teorinin temel araştırma alanlarından biri olan graf renklendirme problemine indirgenerek çözülmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle tezde genel graf teorisi, graf renklendirme probleminin çözülmesinde kullanılan matematiksel modeller ve algoritmalar incelenmiş, bu yöntemler kurulan graf modeline uygulanmış ve ortaya çıkan sonuçlar karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Name and Surname : Murat Can Burak YILDIZ
Supervisor : Assist. Prof. Dr. Ümit TERZİ
Type and Date : Master's , Thesis, 2017
Scope : Industrial Engineering
KeyWords : Graph theory, graph coloring, personnel assignment,
occupational health and safety, algorithms.

ABSTRACT

AN IMPLEMENTATION OF PERSONNEL ASSIGNMENT ADAPTED TO GRAPH COLORING PROBLEM

In this thesis, a solution has been sought to solve the problem of assigning the most appropriate number of support personnel to the special clustered zones where the production activities are carried out on the facility campus, in the course of providing the occupational health and safety services that are being carried out in an industrial facility that carries out production on a large scale.

For the sake of solving the problem, the physical areas where production activities are clustered, the movement areas of employees, the inter-regional availability and distances have been examined. Based on the examination made, the facility was attempted to be expressed as a suitable graph model.

The problem of staff assignment and improving occupational health and safety services adapted to the graph model was solved by adapting it to the problem of graph coloring which is one of the main research areas of graph theory. For this reason, general graph theory in thesis, mathematical models and algorithms used in solving the problem of graph coloring were examined and these methods were applied to the established graph model and the results were compared and evaluated.

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa No |
|--|----------|
| ÖZET | i |
| ABSTRACT | ii |
| TABLolar LİSTESİ | v |
| ŞEKİLLER LİSTESİ | vi |
| KISALTMALAR | vii |
| | |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| | |
| 2. GRAF (ÇİZGE) TEORİSİ VE TEMEL KAVRAMLAR | 3 |
| 2.1. Graf Teorisinin Ortaya Çıkışı | 3 |
| 2.2. Graflar (Çizgeler) ve Tanımlamalar | 4 |
| 2.3. Graflar Türleri | 5 |
| 2.4. Düğümlerin Dereceleri | 9 |
| 2.5. Yollar ve Zincirler | 10 |
| 2.6. Dolaşım, Çevrimler ve Döngüler | 11 |
| 2.7. Grafların Matris İfadeleri | 12 |
| 2.7.1. Komşuluk Matrisi | 12 |
| 2.7.2. Etki Matrisi | 14 |
| 2.8. İzomorfik Graflar | 14 |
| | |
| 3. GRAF RENKLENDİRME (GRAF BOYAMA) | 16 |
| 3.1. Graf Boyama Problemi | 16 |
| 3.2. Renklendirme Probleminin Sınırları | 17 |
| 3.3. Graf Boyama Probleminin Matematiksel Modellenmesi | 18 |
| 3.4. Graf Boyama Probleminin Uygulama Alanları | 20 |
| 3.4.1. Zaman Çizelgeleme | 20 |
| 3.4.2. Frekans Atama | 21 |
| 3.4.3. Alan Tahsisi | 22 |
| 3.4.4. Baskı Devre Kartı Testi | 22 |
| 3.4.5. Sosyal Ağların Analizi | 23 |

| | |
|--|-----------|
| 3.4.6. Konuma Bağlı Uygulamalar | 23 |
| 3.4.7. Ekosistem İncelemesi | 23 |
| 3.5. Graf Boyama Probleminin Çözülmesinde Kullanılan Algoritmalar | 24 |
| 3.5.1. Tavlama Benzetmesi ve Tabu Arama Algoritmaları | 24 |
| 3.5.2. Sıralı / Aç Gözlü Sezgisel Algoritmalar | 25 |
| 4. DESTEK PERSONEL ATANMASINA YÖNELİK UYGULAMA | 29 |
| 4.1. Uygulama Alanı Hakkında Genel Bilgi ve Mevcut Durum Analizi | 29 |
| 4.2. Faaliyet Alanlarının Tespiti ve Graf Modelinin Oluşturulması | 30 |
| 4.3. Grafın Matematiksel Modelleme Kullanılarak Renklendirilmesi | 35 |
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER | 38 |
| KAYNAKLAR | 39 |
| EKLER | |
| Ek-1: Graf Renklendirme Probleminin Tam Sayılı Matematiksel Açık Modeli | 42 |
| Ek-2: Cevap Raporu | 50 |
| Ek-3: Çözüm Raporu | 74 |

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No.

| | |
|---|----|
| Tablo.1. Komşuluk Matrisi | 13 |
| Tablo.2. Komşuluk Matrisinin Karesi | 14 |
| Tablo.3. Etki Matrisi | 15 |
| Tablo.4. Yoğunluk Alanları ve Numaralandırma | 30 |
| Tablo.5. Model Yapı Raporu | 36 |



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No.

| | |
|--|----|
| Şekil.1. Königsberg'in Yedi Köprüsü | 4 |
| Şekil.2. Euler'in Oluşturduğu İlk Graf Modeli | 4 |
| Şekil.3. $G = (V(G), E(G), \psi_G)$ gösterimi | 5 |
| Şekil.4. Yönlü, Basit ve Karışık Graf | 8 |
| Şekil.5. Graf Türleri | 9 |
| Şekil.6. Graf Üzerinde Yollar | 10 |
| Şekil.7. Çevrim ve Döngüler | 12 |
| Şekil.8. Geri Yayılım Algoritması | 28 |
| Şekil.9. Konumlar Gözetilerek Çizilen Graf Modeli | 33 |
| Şekil.10. Mathematica-11 Programı İle Çizilen İzomorfik Graf | 34 |
| Şekil.11. Renklendirilmiş Graf | 36 |

KISALTMALAR

S.T. : Kısıtlamalara Bağlı Olarak

BIN : İkili Değişken



1. GİRİŞ

İşletmeler gerçekleştirdikleri üretim faaliyetleri sırasında ürün kalitesi ile müşteri beklentilerini tam anlamıyla karşılamayı amaçlamaktadır. Bu amaçlara ulaşmaya etki eden faktörlerden birisi bünyelerindeki çalışanlarına sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı sunmaktır. Güvenli, huzurlu ve sağlıklı bir çalışma ortamı bilimsel yöntemlere dayanan, bir şirket kültürü haline gelmiş olan iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarına dayanmaktadır. İş sağlığı ve güvenliği çalışmaları esnasında saha gözetim personeli görevlendirmesi, üretimin gerçekleştiği sahadaki faaliyetlerin kontrol altına alınması yönünden önemlidir. Bununla birlikte görevlendirilecek her personel işletmeye bir maliyet yükü getirecektir. Bu durumda işletmelerce görevlendirilecek saha gözetim personeli sayısına karar verilmesi problemi ortaya çıkmaktadır. Gözetimciler üretim alanlarına atanırken birtakım kısıtlamalar dikkate alınmalıdır. Yapılan çalışmada bu kısıtlardan ikili kontrol mekanizması ön plandadır. Bu mekanizma ile üretim faaliyetlerinin yoğunlaştığı alanlardan birbirine sınırı veya bağlantısı olanların en az iki farklı personel tarafından denetlenmesi, gözlenmesi hedeflenmektedir. Sonuç olarak optimum sayıda ve maliyet-etkin personel görevlendirilmesi probleminin çözülmesi amacıyla farklı yaklaşımlar sergilenebileceği aşikâr olmakla birlikte, bu çalışmada problemin graf teorisi kapsamında graf renklendirme problemine indirgenerek çözümü amaçlanmaktadır.

Graf teorisi temelde bir problemin kenar ve düğümler kullanılarak modellenmesi temeline dayanmaktadır. Teori literatürde farklı birçok disiplinin ortak çalışma alanına girmektedir. Sosyoloji, matematik-bilgisayar bilimleri ve farklı mühendislik dalları bu disiplinlerdendir. Sosyolojide sosyal ağların, insan ilişkilerinin modellenmesinde, bilgisayar bilimleri ile mühendislik alanlarında optimizasyon amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır. Bu şekilde gerçek yaşam problemlerinin pratik ve kolay anlaşılabilir düzeyde modellenmesi ve çözülebilmesi, graf teorisinin güçlü tarafını ortaya koymaktadır. [1] Graf renklendirme problemi graf teorisi kapsamında odaklanılan özel bir problem türüdür. Graf renklendirme model üzerinde oluşturulan düğümlerin birbirine bir kenar vasıtasıyla bağlı olanların yani diğer bir deyişle komşu olanların farklı bir renge boyanması suretiyle en az sayıda renk oluşturma çabası olarak ifade edilebilir. Oluşturulması mümkün olan en az renk sayısı o graf için kromatik sayı olarak ifade edilen kavram ile açıklanır.

Kromatik sayı, çözülmeye çalışılan probleme göre farklı kavramları temsil edebilmektedir.

Yapılan bu çalışmanın birinci bölümünde graf teorisinin tanımlanması çıkış noktası ve temel kavramları hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca graf türleri ile grafların gösterim şekilleri üzerinde durulmuştur. İkinci bölümde özel bir problem türü olan graf renklendirme probleminin ne olduğu ve problemin özellikleri konusuna odaklanılmıştır. Problemin çözümü için kullanılan matematiksel modeller ile algoritmalar hakkında literatür araştırması yapılmıştır. Ayrıca graf renklendirmenin sıklıkla kullanıldığı alanlar tanımlanmıştır. Yapılan bu çalışma ile üretim alanında iş sağlığı ve güvenliği yönünden alan hâkimiyeti sağlanması için görevli olacak personel sayısı ile atama noktasına karar verme sorununun çözümüne farklı bir bakış açısı kazandırılmak amaçlanmıştır. Bu yönüyle kullanım alanlarına katkı sağlanabileceği düşünülmektedir. Son bölüm olan uygulama aşamasında ise, seçilen bir üretim tesisinde, üretimin ve çalışanların yoğunlaştığı alanlar tespit edilerek bir graf modeli oluşturulmuştur. Sonrasında bu graf modelinin özellikleri incelenmiş ve çözümü için uygun matematiksel model/algoritma belirlenerek çözüm sağlanarak ortaya çıkan sonuçlar incelenmiştir. Oluşan sonuçlara istinaden işletmelerde bu yaklaşımın uygulanıp uygulanamayacağı konusunda önerilerde bulunulmuştur.

Tezin müteakip aşamalarında yukarıda belirtilen graf teorisi, graf renklendirme problemi konusunda daha detaylı bilgiler, kromatik sayının hesaplanmasına yönelik teknikler, problemin sınırları ve bir uygulama örneği ile en uygun personel sayısının kromatik sayı olarak bulunmasına değinilecektir.

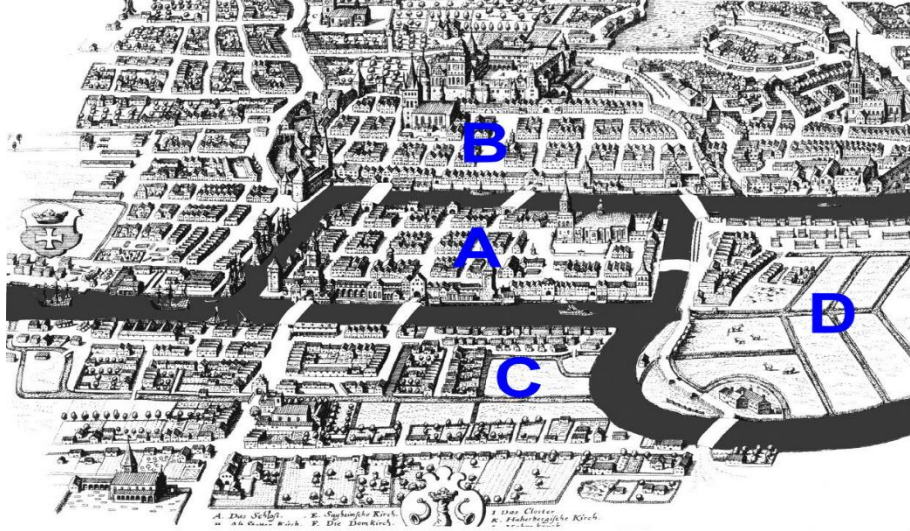
2. GRAF (ÇİZGE) TEORİSİ VE TEMEL KAVRAMLAR

2.1. Graf Teorisinin Ortaya Çıkışı

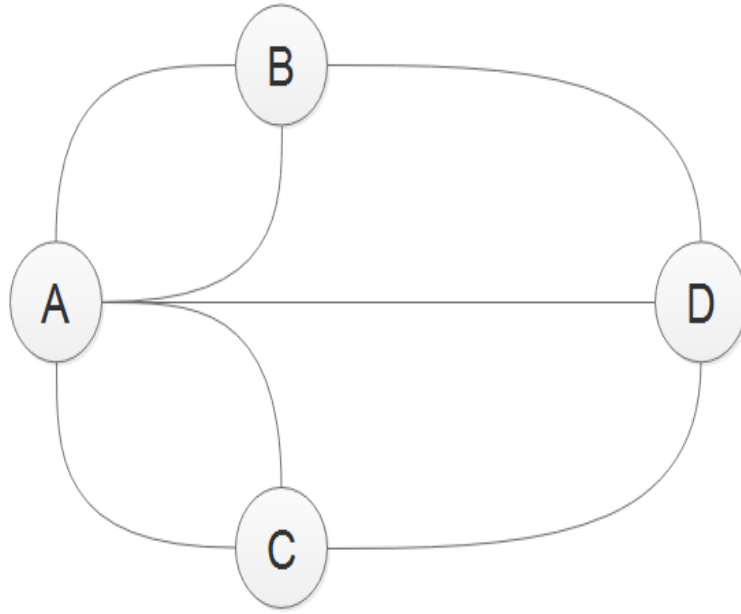
Graf teorisi genel olarak matematik ve bilgisayar bilimlerinde graf (çizge) olarak isimlendirilen, matematiksel ve görsel olarak gösterilebilen ifadeler üzerine odaklanır. [2] Graflar ifade edildiği üzere matematiksel bir gösterim olup gerçek yaşam nesnelere arasında oluşan, oluşabilecek ilişkileri bu ilişkilerin özelliklerini basit şekilde açıklayan yapılardır.

Teorinin çıkış noktası 18. yüzyılın ortalarında ortaya çıkmış bir probleme dayanmaktadır. Bu problemin anlaşılması ve çözülmesi amacıyla modellenmesi vasıtasıyla graf teorisinin temelleri atılmıştır. Söz konusu problem “Königsberg Şehri Köprüleri” olarak adlandırılır. Königsberg şehri 18. yüzyılda Pregel Nehri ile ikiye bölünmüş bununla birlikte nehrin üzerinde oluşmuş iki adanın üzerine kurulmuş bir yerleşim yeri idi. İki adanın büyük olanı ile şehrin her iki yakası ikişer köprü ile küçük olanı ile yakalar birer köprü ile bağlanmıştı. Adalar da birbirine tek bir köprü vasıtasıyla bağlanmıştı. Problem ise kentin rasgele seçilen bir noktasından yola çıkılarak köprülerin hepsinden ancak ve ancak bir kere geçmek suretiyle tüm noktalarına ulaşılmasına müteakip varış noktasına varılıp varılamayacağı idi. Dönemin önde gelen matematikçilerinden olan Leonhard Paul Euler (1707-1783) problemin herhangi bir olurlu çözümünün olmadığını, bilinen ilk grafi çizerek açıklamıştır. [28] Köprülerin konumlandırılması Şekil.1’de, Euler’in problemin çözümü için oluşturduğu graf modeli Şekil.2’de gösterilmiştir.

Graflar sonraki dönemde Gustav Robert Kirchoff tarafından elektrik devrelerinin gösteriminde, Cayley tarafından organik bileşiklerin sıralanması gibi farklı alanlarda kullanılmıştır. Modern dünyada ise graflar birçok gerçek yaşam probleminin modellenmesi ve çözümünde etkili bir araçtır. Özellikle bilgisayar ve mühendislik bilimlerinde, tezin sonraki bölümlerde bir kısmına değinilecek olan listeler, ağaçlar, yönlü graflar, akış diyagramları, oldukça yoğun şekilde bir optimizasyon aracı olarak kullanılmaktadır.



Şekil.1. Königsberg'in Yedi Köprüsü [35]



Şekil.2.Euler'in Oluşturduğu İlk Graf Modeli

2.2.Graflar (Çizgeler) ve Tanımlamalar

Graflar; sonlu düğümler (vertices, vertex) veya noktalar (points) ile kenarlar (edges) setlerinden oluşur, düğümler kenarların kesişme noktasıdır ve kenarlarda bu düğümleri birbirine bağlayan yapılardır. Matematiksel olarak $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$ düğüm seti ve $e_1, e_2, e_3, \dots, e_n$ kenar setinden oluşan bir G grafi, $G = (V, E)$ şeklinde ifade edilir. Grafta her kenar elemanı bir düğüm çiftine sahiptir. Oluşturulmuş bir G

grafında düğümler seti $V(G)$ ve düğüm sayısı $|V(G)| = V$ ile benzer şekilde kenarlar seti $E(G)$ ve kenar sayısı $|E(G)| = E$ ile gösterilir. Bu tanımlardan yola çıkıldığı takdirde, $G = (V(G), E(G), \psi_G)$ detaylandırılmış ifadesi elde edilebilir. Belirtilen graf gösterimde ψ_G ifadesi birbiri ile bağlanan düğümler ve bu düğümleri birbirine bağlayan bağıntıyı gösterir. Şöyle ki $\psi_G(e_1) = v_1v_2$ bağıntısı v_1 ve v_2 düğümlerinin e_1 kenarı ile birbirine bağlandığını gösterir. Bir örnekle açıklanmak istenirse,

$G = (V(G), E(G), \psi_G)$ olmak üzere,

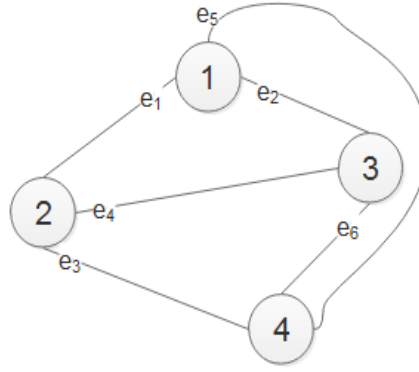
$$V(G) = \{ v_1, v_2, v_3, v_4 \}$$

$$E(G) = \{ e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6 \} \text{ ve}$$

$$\psi_G(e_1) = v_1v_2 \quad \psi_G(e_2) = v_1v_3 \quad \psi_G(e_3) = v_2v_4$$

$$\psi_G(e_4) = v_2v_3 \quad \psi_G(e_5) = v_1v_4 \quad \psi_G(e_6) = v_3v_4$$

şeklinde gösterilen bir G grafi Şekil.3'de gösterildiği gibi olacaktır.



Şekil.3. $G = (V(G), E(G), \psi_G)$ gösterimi

2.3. Graf Türleri

Bir $G = (V,E)$ grafi sıfırdan farklı bir $V(G)$ düğümler setine sahip olmak koşulu ile düğümler setindeki nesnelere sıralı özelliğine bakmaksızın bağlayan veya ilişkilendiren $E(G)$ kenarlar kümesine sahipse *basit graf* olarak tanımlanır. Basit

graflarda nesnelere yani düğümlerin kendisi ile bir ilişkisi bulunamaz başka bir ifade ile bir kenar aynı düğümden başlayıp aynı düğüme sonlanamaz.

$G = (V(G), E(G), \psi_G)$ şeklinde tanımlanmış bir G grafinde $|V(G)| \neq 0$ ve $|E(G)| \neq 0$ olduğu durumda \forall_G bağıntı fonksiyonu düğümler arasında yönlü bir ilişkiyi gösteriyorsa, söz konusu G bir *yönlü graf veya yönlendirilmiş graftir (directed graph)* denir. Bir başka deyişle $x, y \in E$ ise (x,y) düğüm çiftlerinin sıralanmış kümesi bir yönlü graftir. Şayet bir yönlendirilmiş kenarı (ok) a olarak ifade edilecek olursa, $\psi_G(a) = (x,y)$ bağıntısında a kenarı (oku) x düğümünü y düğüme bağlar, x düğümü a 'nın kuyruğu, y düğümü a 'nın başıdır denir. Notasyonda $E(G)$ kenar setinin yönlendirilmiş durumu $A(G)$ 'dir. Terminolojide yönlü graf sıklıkla digraf (digraph) şeklinde ifade edilir. G grafi yönlendirilmiş kenarlar ile yönsüz kenarların her ikisini de içeriyorsa karışık graf (mixed graph) denir. Şekil.4.'te basit, yönlü ve karışık graf örnekleri gösterilmiştir.

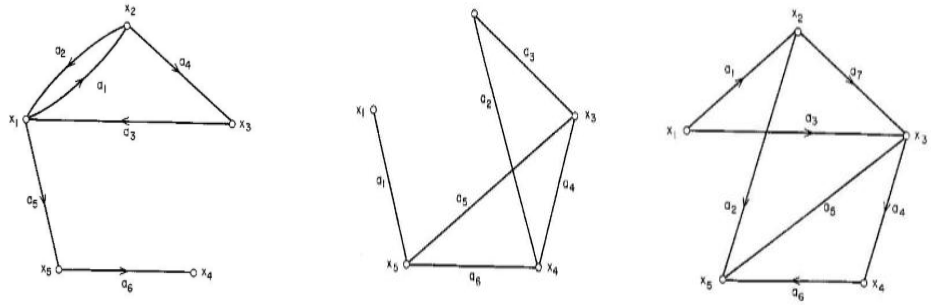
Düğümlerinin her biri arasında birebir ilişki olan bir $G = (V,E)$ grafi *tam graftir (complete graph)*. Tam graflarda tüm düğümlerin dereceleri eşittir. Notasyonda tam graflar sahip oldukları düğüm sayısı i ile indisenerek kullanılır ve K_i şeklinde gösterilirler. Her bir düğümün derecesi n ile gösterildiği varsayılınsa, o halde tam bir G grafinde $n = |V(G)| - 1$ olacaktır. Bazı durumlarda kenarlar üzerinde c_{ij} sayısı $E(v_1,v_2)$ yönlü kenarında (okunda) bulunabilir. Bu sayı kenarlarda olabileceği gibi düğümlerin üzerinde de gösterilebilirler. Bu sayılar çoğu zaman ağırlık, mesafe veya maliyet olarak isimlendirilirler. Bu tipteki graflara *ağırlıklandırılmış graf (weighted graph)* denir. Ağırlıkların düğümlerde bulunduğu graflar terminolojide *düğüm ağırlıklı (vertex-weighted) graf* olarak da ifade edilebilirler. Tanımdan anlaşılacağı üzere ağırlıklandırılmış grafların matematiksel ifadesi şu şekilde olacaktır:

$$\psi = \{(v_1,v_2: c_{12}) \mid v_1,v_2 \in V, c_{12} \in M\}$$

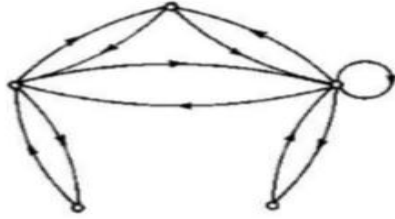
$G(V,E)$ grafinde yönlü (v_i,v_j) kenarları ile tersi yönde (v_j,v_i) kenarlarını içerdiği durumlarda $G(V,E)$ bir *simetrik (symmetric) graftir*. Yönlü kenar setinde $(v_i,v_j) \in E$ ancak zıt yönlü kenar $(v_j,v_i) \in E$ setinin elmanı değilse $G(V,E)$ bir *antisimetrik (antisymmetric) graftir*. Antisimetrik graflar hiçbir döngü içermezler. Yani bir düğümden çıkan ok (yönlü kenar) kendisine tekrar dönmez. Rastgele

oluşturulmuş bir $G(V,A)$ digrafı ile aynı sayıda düğüm seti olan ancak yönlü kenar setinin bir alt kümesi olacak şekilde bir $A(G)$ yönlü kenar seti içeren $G_p(V,A_p)$ digrafı G 'nin bir *kısmi (partial) grafidir*. Benzer şekilde verilen bir $H(V_s,A_s)$ digrafının düğüm seti olan V_s , G grafinin düğüm setinin alt kümesi ve yönlü kenar seti A , H grafinin yönlü kenar seti A_s 'yi kapsıyorsa, H digrafı G digrafının bir *altgrafi (subgraph)* olarak ifade edilir. Kısmi graflar ve alt grafları bir örnek ile açıklamak gerekirse, bir fabrikadaki tüm ürünlerin üretim süreci G grafi ile modellendiğinde, benzer işlemler yapan makine grupları arasındaki ilişkiler, rotalar bir H altgrafi ile modellenebilir. Tüm makinelerde işlem gören farklı iki ürünün için oluşturulmuş üretim rotaları ise G grafinin kısmi grafları olacaktır. Basit yönsüz bir G grafinin tüm düğümleri V_a ve V_b şeklinde ikili gruplara ayrılabilirdiği ve V_a düğümünü V_b düğümüne bağlayan bir yönlü kenar bulunduğu durumlarda G bir *iki parçalı graf (bipartite)* graftır. Bir graf ancak ve ancak içerisinde çevrim veya düğüm olmadığı durumlarda iki parçalı graf olabilir. $G(V,E)$ 'de tüm düğümler kümesi $V(G)$ 'nin tüm elemanları aynı dereceye sahip ise ortaya *düzenli (regular) graf* çıkar. Tam bir K_n grafi tüm düğümlerinin derecesi $n-1$ olduğu zamanlarda aynı zamanda bir düzenli graftır. Graf yönlü ise giriş dereceleri aynı çıkış dereceleri de kendi içlerinde aynı ise tam graf kabul edilir. *Düzlemsel (planar) graflar* ise kenarları birbirini kesmeyecek şekilde farklı düzlemler vasıtasıyla çizilebilen graflar olarak tanımlanır. Bu bölümde bahsedilen graf türlerinin tamamı Şekil.5.'de gösterilmiştir.

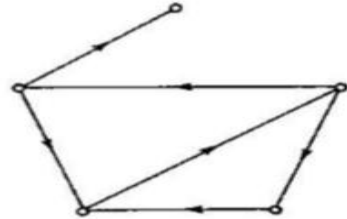
Yukarıda bahsedilen graf türlerine ayrı bir başlık açılmasına ihtiyaç duyulmakta ve grafin türünün belirlenmesinin önemini açıklamak gereklidir. Çünkü graflar birçok problemin somut olarak modellenip çözülebilmesine aracı olmaktadır ve graf üzerinde çok fazla teorem, aksiyom ve algoritma geliştirilmiştir. Bunlar da her graf türü üzerinde doğru sonuç vermemektedir. Örneğin bir algoritma yönlü ve pozitif ağırlıklı bir graf üzerinde doğru olarak çalışırken negatif ağırlıkların bulunduğu durumlarda çalışmamaktadır. Benzer şekilde düzenli graflar için geliştirilmiş bir algoritma düzensiz graflar üzerinde doğru sonuç vermemektedir.[2]



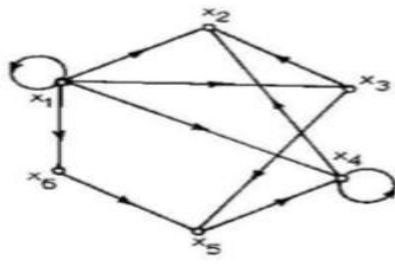
Şekil.4. Yönlü, Basit ve Karışık Graf [3]



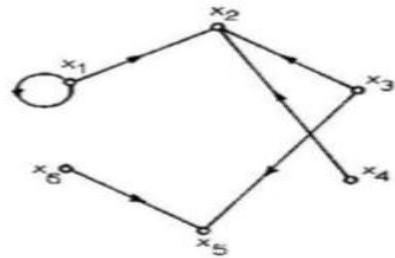
Symmetric graph



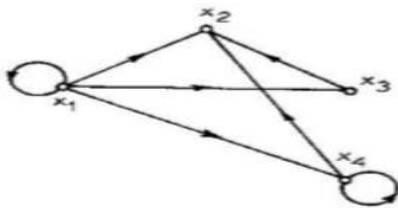
Antisymmetric graph



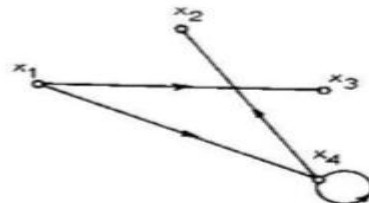
Graph



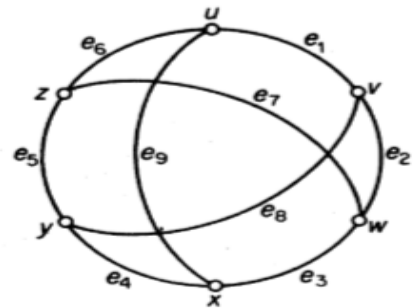
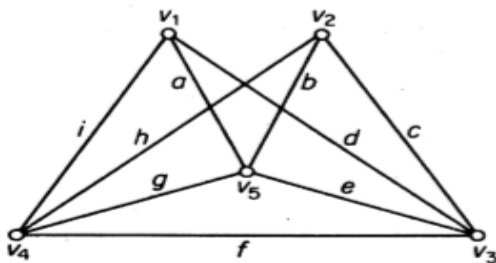
Partial graph



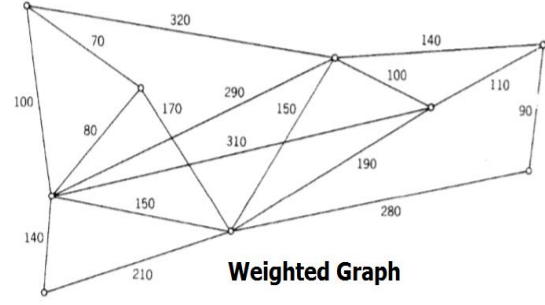
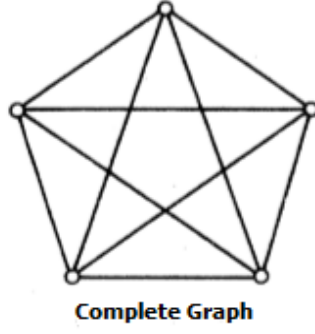
Subgraph



Partial subgraph



Planar and nonplanar graphs



Şekil.5. Graf Türleri [3] [10]

2.4. Dügümlerin Dereceleri

Graf teorisinde nesnelere ifade eden düğüm setindeki elemanların ilişki sayıları *düğüm derecesi* (*degree of vertex*) olarak adlandırılır. V_i düğümünün derecesi $d(V_i)$ veya $\deg(V_i)$ ile gösterilir. Örnek verilmek gerekirse basit bir grafa bir v düğümüne bağlanan kenar sayısı 3 ise $d(v) = 3$ 'tür. Digrafalarda bir düğümün iki farklı derecesi vardır. Bunlardan biri düğüme giriş yapan yönlü kenar sayısı *giriş derecesini* (*indegree*), kendinden çıkan yönlü kenarların sayısı *çıkış derecesini* (*outdegree*) gösterir. Bazı kaynaklarda, giriş ve çıkış derecelerinin toplamını ifade eden *toplam derece* olacak şekilde üçüncü bir derece kavramından bahsedilmektedir. Düğüm derecesi graf renklendirme problemi gibi problemlerin çözümünde kullanılan algoritmalarda kilit rol oynar.

Düğüm derecesi tanımı göz önüne alındığında yönsüz bir $G(X,A)$ grafında bulunan düğüm setlerinin giriş dereceleri toplamı ve çıkış dereceleri eşit olup, G grafının toplam kenar sayısına eşittir. $|E(G)| = m$ $|V(G)| = n$ olduğu varsayılırsa,

$$\sum_{i=1}^n d_0(x_i) = \sum_{i=1}^n d_i(x_i) = m$$

eşitliği oluşur. [3]

[3] numaralı eşitlikte de görüldüğü üzere her koşulda bir $G(V,E)$ grafi için $V(G) = \{ v_1, v_2, \dots, v_n \}$ $E(G) = \{ e_1, e_2, \dots, e_m \}$ olmak üzere,

$$\sum_{i=1}^n d(v_i) = 2m$$

eşitliği vardır. [4]

Sonuçta, yukarıda gösterilen [4] numaralı eşitlikten anlaşıldığı üzere yönsüz her grafın düğüm dereceleri toplamı bir çift sayıdır. Eğer grafın $\{ v_1, v_2, \dots, v_k \}$ düğüm seti tek derecelere sahip ve $\{ v_{k+1}, v_{k+2}, \dots, v_n \}$ düğümleri çift derecelere sahipse,

$$d(v_1) + \dots + d(v_k) = 2m - d(v_{k+1}) - \dots - d(v_n) \quad \text{formülüne ulaşılır. [4]}$$

2.5.Yollar ve Zincirler

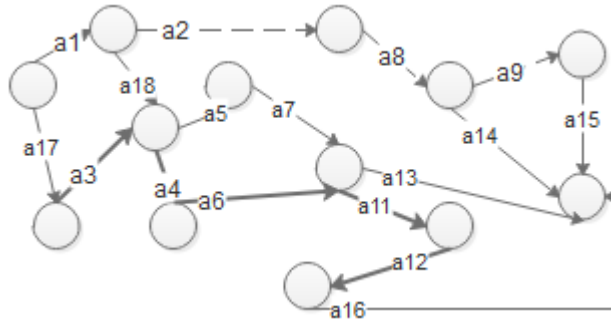
Yol(path), herhangi bir digraf için karşımıza çıkan bir kavramdır. Digraf içinde seçilen herhangi bir noktadan veya başlangıç düğümünden başlanarak seçilen herhangi bir bitiş düğümüne veya son düğüme kadar belirli bir sıraya uygun çizilmiş yönlü kenarlardır. Bir başka deyişle graf içinde belirli bir kurala göre çizilmiş rotalar da denebilir. Şekil.6. incelendiğinde,

$a_1, a_2, a_8, a_9, a_{15},$

$a_{17}, a_3, a_4, a_6, a_{11}, a_{12}, a_{16}$

$a_1, a_{18}, a_5, a_7, a_{13}$

sıralamaları graf üzerindeki birer yoldur. Yollar yukarıda görüldüğü üzere yönlü kenarların sıralaması yerine yol üzerinde geçilen düğümler sıralatılarak da yapılabilmekte olup uygulamada anlaşılmasının daha kolay olması nedeniyle daha sık kullanılmaktadır.



Şekil.6. Graf üzerinde yollar

Digraflarda yönlü kenar seti $A=(v_i, v_j)$ olmak üzere ve $v_i \neq v_j$ koşulu sağlanmak üzere aynı düğüme bağlanan yönlü kenarlar birbirinin *komşusudur* (*adjacent*) denir. Aynı şekilde söz konusu düğümler arasında da komşuluk ilişkisi söz konusudur. Şekil.6. incelendiği takdirde a_{11}, a_{13}, a_6, a_7 , yönlü kenarları komşu kenarlardır denir. Öte yandan a_{12} ve a_{13} yönlü okları arasında komşuluk söz konusu değildir. Bazı digraflarda yer alan yol üzerinde her bir yönlü ok bir kez kullanılmışsa bu türde yollar *basit yol* (*simple path*), birden fazla kez aynı düğümden geçilmeden çizilen yollar *temel yollar* (*elementary path*) olarak tanımlanır. Gerçek yaşam problemlerinin modellendiği graflarda çoğu zaman oluşturulan yollarda her bir düğümden birden fazla geçilmesi gerekebilir. Örnek verilecek olursa bir kargo şirketinin dağıtım planı incelendiğinde dağıtıcının izleyeceği rota üzerinde bulunan yerleşim yerlerinden birden fazla kez tekrar geçilmek zorunda kalınabilir. Bu nedenle gerçek yaşam problemlerinin graf modellerinde söz konusu basit ve temel yollar yerine daha karmaşık yollar ortaya çıkar.

Zincir(Chain) kavramı ise yollar ile benzer bir kavram olmak üzere kenarların yönlü veya yönsüz olması ile ilgilenmez. Bir düğüme giriş yapan birden fazla yönlü kenarın varlığı söz konusu iken, bu iki yönlü kenar aynı temel yol üzerinde bulunamazken bu iki yönlü kenar tek bir zincirin parçaları olabilmektedir.

Ağırlıklandırılmış graflar üzerinde oluşturulan yol veya zincirler toplam ağırlıkları ile ifade edilebilirler. Bu toplam ağırlığa yolun veya zincirin uzunluğu denir. Graf operasyonları yapılırken veya problem çözümünde kullanılacak algoritmaya bağlı olarak oluşan yol veya zincirlerin uzunluğu karşılaştırmalar yapmak adına oldukça kritik bir öneme sahiptir. μ ile gösterilmiş bir yol olduğu varsayıldığında, yolun uzunluğu $l(\mu)$ ile gösterilir ve aşağıda belirtilen formül vasıtasıyla hesaplanır.

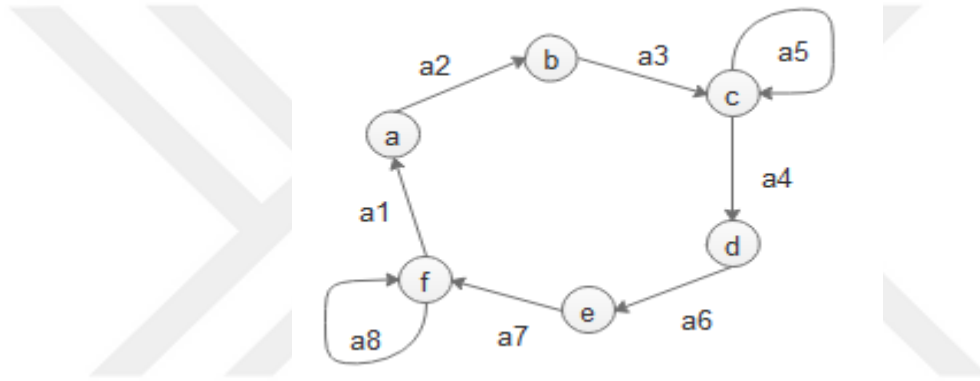
$$l(\mu) = \sum_{(v_1, v_2) \in \mu}^n C_{ij} \quad [3]$$

2.6. Dolaşım, Çevrimler ve Döngüler

Yönlü bir $G(V,A)$ digrafında bir düğümden çıkan yönlü kenar tekrar çıktığı düğüme giriş yapıyorsa, bu kenar bir *döngü(loop)*dür. Söz konusu digrafta bir

başlangıcı ve bitişi aynı düğüm olan bir yol olduğu durumda belirtilen yol bir *dolaşım(circuit)*dır. Çevrim(cycle) kavramı ise yönsüz dolaşımolarak ifade edilebilir. Anlaşıldığı üzere çevrim bir tür zincirdir de denilebilir. Şekil.7 incelendiğinde,

$a_1, a_2, a_3, a_4, a_6, a_7$ yolunun bir dolaşım,
 a_5 ve a_8 yönlü kenarların birer döngü,
yönsüz bir $a_1, a_2, a_3, a_4, a_6, a_7$ dolaşımının bir çevrim,
olduğu ortaya çıkacaktır.



Şekil.7. Çevrim ve Döngüler

2.7. Grafların Matris İfadeleri

Algoritmalar vasıtasıyla grafların çözümlenmesi yapılırken, görsel ifadelerin yerine cebirsel ifadelerin bulunması gereklidir. Tezin önceki bölümlerinde çizdiğimiz tüm grafların cebirsel ifadeleri matrisler vasıtasıyla gösterilebilir. Matris gösterimlerin komşuluk ve ilişki matrisleri olmak üzere iki türü vardır. Ayrı ayrı bu matrislerin nasıl oluşturulacağı müteakip kısımda anlatılmıştır.

2.7.1.Komşuluk Matrisi

Komşuluk matrisi (Adjacency Matrix) bir $G(V,E)$ grafının $A=[a_{ij}]$ şeklinde ifade edilebilen, düğümler seti arasındaki ilişkileri gösteren bir kare matrisidir. Bir başka deyişle bağıntılar matrisidir. Komşuluk matrisi bir grafın tüm yapısı hakkında bilgiler verir. Örnek olarak satır elemanları toplamı söz konusu satırdaki düğümün

çıkış derecesini sütun elemanları toplamı giriş derecesi göstermektedir. Bununla birlikte kare matrisin büyüklüğü grafın düğüm seti sayısı olacaktır. Şöyle ki,

$$a_{ij} = 1, \text{ eğer } (v_1, v_2) \in E(G)$$

$$a_{ij} = 0, \text{ eğer } (v_1, v_2) = \emptyset$$

eğer $G(V,E)$ bir ağırlıklandırılmış graf ise $A=[a_{ij} : c_{ij}]$,

$$a_{ij} = c_{ij}, \text{ eğer } (v_1, v_2 : c_{ij}) \in E(G)$$

$$a_{ij} = 0, \text{ eğer } (v_1, v_2) = \emptyset \text{ şeklindeki gösterilir.}$$

Buradan hareketle Şekil.7.'deki grafın matris ifadesi Tablo.1'de belirtildiği gibi olacaktır.

Tablo.1. Komşuluk matrisi

| | | a | b | c | d | e | f |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|
| A = | a | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | b | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | c | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | d | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | e | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | f | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Komşuluk matrisinin satır ve sütunlarının grafın özellikleri hakkında bilgi verdiği söylenmişti. Komşuluk matrisinin kuvvetleri farklı özellikleri hakkında bilgiler verir. İlk olarak A^2 matrisi incelendiğinde, döngüye sahip olan düğümler ile düğümler arasındaki 2 farklı uzunlukta ilişki olduğunu gösterir. Benzer şekilde kuvvet derecesi artırıldığında kuvvet derecesine bağlı olarak düğümler arasındaki kuvvet derecesinde ilişki olan düğümleri gösteren bir matris ortaya çıkacaktır. Bunun matematiksel ifadesi aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$(a_{ik})^n = \sum_{j=1}^n a_{ij} a_{jk} \quad [3]$$

Tablo.2 söz konusu grafın komşuluk matrisinin karesini göstermektedir. Görüldüğü üzere A^2 matrisi graf üzerindeki döngüleri ortaya çıkarmıştır.

Tablo.2. Komşuluk matrisinin karesi

| | a | b | c | d | e | f |
|---|---|---|---|---|---|---|
| a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| c | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| d | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| e | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| f | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

2.7.2.Etki Matrisi

Verilen bir $G(V,E)$ grafının n sayıda düğüm ve m sayıda yönlü kenar bulundurduğu varsayıldığında graf, $I = [b_{ij}]$ şeklinde $n \times m$ büyüklüğünde *etki matrisi* (*incidence matrix*) şeklinde bir matris olarak gösterilebilir. Şöyle ki,

- $b_{ij} = 1$, eğer v_i a_j yönlü kenarının çıkış düğümü ise,
- $b_{ij} = -1$, eğer v_i a_j yönlü kenarının giriş düğümü ise,
- $b_{ij} = 0$, eğer v_i a_j ile bağlı değil veya a_j bir döngü ise,

kuralları altında etki matrisi oluşturulur. Örnek olarak Şekil.7.'deki grafın etki matrisi Tablo.3'de görüldüğü gibi olacaktır.

Tablo.3. Etki Matrisi

| | a1 | a2 | a3 | a4 | a5 | a6 | a7 | a8 |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| a | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b | 0 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| c | 0 | 0 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| d | 0 | 0 | 0 | -1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| e | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | 1 | 0 |
| f | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | 0 |

2.8. İzomorfik Graflar

$G(V,E)$ ve $H(X,A)$ şeklinde iki graf olduğu varsayalım. Bu graflar için G grafının düğümünü H grafının düğümüne ve ilgili olan G 'nin düğümünü H grafına ilgili düğümler olarak dönüştüren bağıntıya G grafının H grafına olan *izomorfizmi*, G ve H graflarına ise *izomorfik graflar* denir. İfadenin matematiksel ifadesi ψ birebir ve örten bağıntı olmak şartıyla aşağıdaki gibi olacaktır.

$$\psi : V \rightarrow H \quad (v, x) \in E \quad \text{ve} \quad (\psi(v), \psi(x)) \in A \quad [5]$$

İzomorfik graflar yapıcı birbirinin aynı olan graflardır. Bu nedenle G ve H arasındaki izomorfizm olduğu varsayıldığında,

- G ve H için $|V(G)| = |V(H)|$
- G ve H için $|E(G)| = |E(H)|$
- G ve H aynı sayıda bileşene sahiptir.
- $d(v_g) = d(v_h)$
- G basit graf ise H de bir basit graftır.
- G ile H aynı matris ifadelerine sahiptir.

3. GRAF RENKLENDİRME (GRAF BOYAMA)

3.1 Graf Boyama Problemi

$G(V,E)$ 'nin rasgele, yönsüz, düğümlerinde döngü bulundurmayan, düğüm seti $V=\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ ve kenar seti $E=\{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ şeklinde bir graf olduğu varsayalım. Tezin ilk bölümünde aynı düğüme bağlanan kenarlar arasında veya aynı kenarlarla bağlı olan düğümler arasında komşuluk ilişkisinin bulunduğunu söylemiştik. *Graf Boyama Problemi (Graph Coloring)* kısaca yönsüz bir grafın düğümlerinin, komşu düğümler farklı renkler alacak şekilde boyanması ve sırası ile $\{1.2.3\dots n\}$ şeklinde renk atanması olarak tanımlanabilir. Probleme amaç minimum sayıda rengin düğümlere atanmasıdır. Tanımdan yola çıkıldığında graf düğüm boyama işleminin,

$$\psi : V \rightarrow \{1.2.3\dots n\} \text{ s.t. } (v_i, v_j) \in E \text{ ve } \psi(v_i) \neq \psi(v_j) \quad [6]$$

şeklinde formüle edilebilir bir haritalama işlemi olduğu sonucuna varılacaktır. Graf boyama probleminde işlem yapılan graf ağırlıklandırılmış (düğüm veya kenarları) bir graf ve ağırlık kümesi $C = [C_{ij}]$ olduğunda problem ağırlıklandırılmış düğüm veya kenar problemi şeklinde tanımlanır. Graf Boyama Problemi en temel katışimsal optimizasyon problemlerindedir. Problem başta kısıt sağlama ve çizelgeleme olmak üzere pek çok teorik ve pratik problemin temelini oluşturur. Bu problemin polinom zamanda çözülemeyen bir problem olduğu kanıtlanmıştır. Graf Boyama Probleminde eğer iki komşu düğüm aynı renk olmayacak şekilde boyanmışsa, graf boyalıdır. Boyama sırasında k sayıda renk kullanıldığı kabul edilirse k -boyalı graf olarak adlandırılır.

$G(V,E)$, V düğümlü bir graf olduğu durumda G grafının birbirine komşu olan (aralarında tek bir ayırıt olan) düğümlerini farklı renkte boyamak için gerekli olan en az renk sayısına bu grafın *kromatik sayısı (chromatic number)* denir ve $\chi(G)$ ile gösterilir. *Çevre (girth)* grafıta bulunan en kısa çevrimin uzunluğuna denir. Graf içerisinde bir çevrim bulunmadığı durumlarda çevresi sonsuz kabul edilir. *Bağımsız set (independent set)* $G(V,E)$ grafında S şeklinde bir set olmakla birlikte $S \subset V$ alt setidir. Bu S setinin herhangi iki düğümünde komşuluk ilişkisi yoktur. Son olarak boyama probleminde sıklıkla kullanılan *tam altgraf (clique)* kavramından bahsedilecek olursa, G grafının bağımsız bir kümesi olan tam altgraftır şeklinde

tanımlanır ve $\omega(G)$ simgesi ile gösterilir. Aynı zamanda maksimal clique veya clique number da bu tanımdan yola çıkılarak hesaplanabilir değerler olarak ilgili grafin ayırt edici özellikleri arasında yerlerini alır.

3.2. Renklendirme Probleminin Sınırları

Bir G grafinde kromatik sayının sınırları problemin tanıtılması kısmında belirtilenler ışığında sınırlan şu şekilde belirlenir:

$$\chi(G) \geq \omega(G) \quad [6]$$

$$\chi(G) \geq \frac{n}{\alpha(G)} \text{ ve } n = |V(G)| \quad [6]$$

Bir G grafinin düğümlerinin derecelerinin en büyüğü maksimum derece olarak tanımlanır. Maksimum derecesi $\Delta = \max_{v \in V} \text{vd}(v)$ olan, n düğüm ve m sayıda kenara sahip $G(V,E)$ grafinde kromatik sayının sınırları şu şekilde olacaktır:

$$\chi(G) \geq \frac{n^2}{(n^2 - 2m)} \quad [6]$$

$$\chi(G) \leq 1 + \sqrt{\frac{2m(n-1)}{n}} \quad [6]$$

Eğer $G(V,E)$ bir clique veya tek çevrim değilse,

$$\chi(G) \leq \Delta \text{ olacaktır.} \quad [6]$$

Tüm boyanabilir graflarda $\chi(G)$ kromatik sayısının bir üst limiti vardır. Bu üst limitin belirlenmesi genellikle kolaydır. Örnek olarak n düğümlü bir G grafinde kromatik sayının üst limiti basit algoritmalar kullanılarak bulunabilir. Algoritmalar hakkında daha geniş bilgi ilerleyen kısımlarda gösterilecektir. Eğer boyama problemi kenar boyama ise Vizing'in teoremine göre kenar kromatik sayısı Δ veya $\Delta+1$, boyanan graf iki parçalı graf ise König'e göre $\chi(G) = \Delta$ olacaktır.

Bir G grafi için düğüm boyama kromatik sayısı $\chi(G)$, kenar boyama kromatik sayısı $\chi'(G)$ ve tüm graf boyama kromatik sayısı $\chi''(G)$ ise,

$$\chi''(G) \leq \chi(G) + \chi'(G)$$

eşitsizliği söz konusudur.

3.3.Graf Boyama Probleminin Matematiksel Modellenmesi

Birçok kombinatorik optimizasyon probleminde olduğu gibi graf boyama problemi de farklı matematiksel modelleme formülasyonlarına sahiptir. Graf boyama problemlerinin matematiksel ifade örnekleri aşağıda verilmiştir.

$$\min \sum_{k=1}^n Y_k$$

Subject To

$$\sum_{k=1}^n X_{ik} = 1 \quad \forall v_i \in V$$

$$X_{ik} + X_{jk} \leq 1 \quad \forall (v_i, v_j) \in E$$

$$Y_k \geq X_{ik} \quad \forall v_i \in V, k = 1, \dots, n$$

$$Y_k, X_{ik} \in \{0,1\} \quad \forall v_i \in V, k = 1, \dots, n$$

Modelde görüldüğü üzere X_{ik} ve Y_k ikili (binary) değişkenler olmak üzere Y_k değişkeninin almış olduğu değerler toplamı grafın kromatik sayısını verecektir. X_{ik} değişkeni graf modelinin düğümleri ile ilişkilendirilmiştir. $X_{ik} = 1$ durumu sadece ve sadece k rengi v_i düğümüne atandığında ortaya çıkar. Modeldeki ilk kısıt her düğüme bir renk atanmasını sağlar. İkinci kısıt ise komşu düğümlerin aynı renk olmasını engellemektedir. Üçüncü kısıt ise kullanılmayan bir renk kullanılması ile X_{ik} 'nin 1 artmasını sağlayan kısıttır. Belirtilen kısıtlar altında amaç fonksiyonu kromatik sayıyı belirleyecek ve X_{ik} değişkenine atanan sayılar ile düğümlerin renklendirilmesi yapılır.

min Y

Subject To

$$X_i \leq Y$$

$$X_i - X_j - 1 \geq -n \delta_{ij} \quad \forall (v_i, v_j) \in E$$

$$X_j - X_i - 1 \geq -n (1 - \delta_{ij}) \quad \forall (v_i, v_j) \in E$$

$$\delta_{ij} \in \{0,1\}, X_i \in Z^+ \quad \forall (v_i, v_j) \in E$$

Matematik modelinde X_i değişkeni v_i düğümüne hangi rengin atandığını gösteren bir değişkendir. Kısıt kısmı ise komşu iki düğümün aynı renk ile boyanmasını engellemektedir. Yukarıda gösterdiğimiz iki matematiksel model de polinomal değişkenlere sahip doğrusal programlardır. Aynı zamanda düğüm boyama problemi özel bir kuadratik atama problemi şeklinde modellenebilir. Şöyle ki,

$$\min \sum_{k=1}^r \sum_{(i,j) \in E} X_{ik} X_{jk}$$

Subject To

$$\sum_{k=1}^r X_{jk} = 1 \quad j = 1, \dots, n$$

$$X_{jk} \in \{0,1\} \quad \forall j, k$$

kuadratik formda oldukça sadeleştirilmiş kısıtlara sahip bir graf boyama modelidir. Verilen bir tam sayı r ve $G(V,E)$ grafi ancak ve ancak k -renklendirilebilir olduğu durumda amaç fonksiyonunun değeri 0'a eşit olacaktır.

Kargel, k -boyanabilir bir G grafında yarı kesinlikte optimum noktası $\frac{-1}{k-1}$ olan bir matematik model oluşturmuştur. Modelin optimal sonuçlanması ile karşımıza bir matris ortaya çıkacaktır. Şöyle ki,

$$\min \rho$$

Subject to

$$q_{ij} \leq \rho, \text{ if } (v_i, v_j) \in E$$

$$q_{ij} = q_{ji}$$

$$q_{ij} = 1$$

$Q = \{q_{ij}\}$ pozitif yarı kesin bir matris olduğunda yukarıdaki model graf boyama probleminin bir uygulama şekli olarak ortaya çıkacaktır. [6] [30]

3.4.Graf Boyama Probleminin Uygulama Alanları

Gerçek yaşamda karşılaşılan birçok problem graf boyama problemine indirgenerek modellenebilir. Genel graf ifadesinde düğümler problemdeki nesnelere, kenarlar ise nesnelere arasındaki ilişkiler veya bağlayan elemanları temsil eder. Problemin günümüzde de yaygın şekilde kullanılan başlıca alanları şu şekildedir:

- Zaman Çizelgeleme
- Frekans Atama
- Alan Atama İşleri
- Baskı Devre Kartı Testi
- Sosyal Ağların Analizi
- Konuma Bağlı Uygulamalar
- Ekosistem İncelemesi.

3.4.1.Zaman Çizelgeleme

Çizelgeleme problemlerinde bazı durumlarda birtakım aktivitenin aynı zaman diliminde yapılması gerekebilir. Örnek olarak bir üniversitede yapılan sınavlar veya ders programları çizelgelenirken birden fazla ders veren eğitimcilerin girdiği derslerin farklı zaman dilimlerine çizelgelenmesi gerekmektedir. Bu problem derslerin düğümler ile ifade edildiği bir graf modeli şeklinde modellenebilir. Modelin çözüm sürecinde komşuluk ilişkisi olan düğümler aynı hocanın girmiş olduğu derslerdir ve bu dersler graf boyama sırasında farklı renklere boyanarak aynı zaman

dilimine gelmesi engellenir. Amaç en sayıda zaman slotu oluşturmak olup slot sayısı problem için kromatik sayısıdır.

Bu tipteki problemler graf boyama problemi olarak adlandırılmasının yanında genel zaman çizelgelemesi problemi olarak da ifade edilirler. Benzer graf boyamanın çizelgeleme uygulamaları, Bodin ve Friedman tarafından New York Şehir Meclisinin toplantılarının çizelgelenmesi, Stofers'ın trafik ışıkları çizelgelemesi, Opsut ve Roberts'in filo bakım periyodu planlamasında ve Feo ile Resende tarafından havaalanı uçuş çizelgelemesinde başarılı sonuçlar vermiştir. [6]

3.4.2.Frekans Atama

Frekans atama problemleri özellikle telekomünikasyon endüstrisinde sıklıkla karşılaşılan problemlerdendir. Farklı kullanıcıların aynı veya çok yakın frekanstaki iletişim kanallarına atanması ile kullanıcılar arasında parazit veya girişimler yapmasına neden olabilmektedir. Telekomünikasyon sistemine daha fazla kullanıcının dahil olması ve kanal kullanım talebinin artması neticesinde kullanıcılara frekans kanalı atama problemi açığa çıkmıştır. Benzer şekilde graf teorisi ve graf boyama uygulamaları, problemin çözümünde faydalı bir araç olacaktır. Bu problemde iki basit kısıt olacaktır. Bunlar ortak frekans kanalı kısıtları ve paraziti engellemek amaçlı komşu kanal kısıtlarıdır. [6]

Ortak frekans kanalı kısıtları iki transmitterin aynı zaman diliminde aynı frekansta çalışmasını engelleyen kısıtlardır. Transmitterlerin lokasyonu graf modelinin düğümlerini şekillendirecektir. Bu noktalar kenarlar vasıtasıyla diğer lokasyonlardaki transmitterlere bağlantıları gerçekleştirecektir. Modelin çözülmesi sonucunda optimum sayıdaki (kromatik sayıdaki) frekans aralığı oluşmuş olacaktır.

Komşu kanal kısıtları ise birbirine bağlı transmitterlere komşu frekans aralığının atanmamasını sağlayan kısıtlardır. Bu tip kısıtlar genelleştirilmiş graf boyama problemine ihtiyaç duyar. Genelleştirilmiş graf boyama problemine dair literatürde birçok uygulama mevcut olup bu tezde detay bilgiye yer verilmeyecektir. Komşu kanal kısıtları genelleştirilmiş graf boyama probleminin geliştirilmesi sağlanmıştır.

Dünyada mobil ve kablosuz iletişim yaygınlaşması bugün grafiği boyama problemini daha da önemli kılmıştır. Bu, radyo ve mobil telefon sistemlerinin oluşturulmasında tasarım aşamasında kritik bir parçası haline gelmiştir.

3.4.3. Alan Tahsisi

Bilindiği üzere bilgisayar uygulamaları o programı işletimini sağlayan kullanıcılardan özelliğine göre işlemek, kaydetmek üzere veriler talep edebilir. Alan tahsisi problemi, bir bilgisayar programında veya mobil bir uygulama içerisindeki değişkenlerin donanım alanlarına atanmasıdır. [6]

Bu problemin çözümünde çatışma grafi denilen bir graf yazılımın kodları içerisinde tanımlanır. Grafta düğümler yazılımdaki kullanılan değişkenleri ifade eder. Çatışma grafi üzerindeki yapılan işlemler ve boyama işlemi ile program çalışırken aynı zaman diliminde aynı donanıma ait değişkenlerin çağırılması engellenebilecektir.

3.4.4. Baskı Devre Kartı Testi

Baskı devre kartı, elektronik baskı devre elemanlarını monte etmek için yüzeyinde iletken (bakır gibi) yollar ve adalar, yüzeyler arasında ise içi lehim kaplı delikler içeren değişik yalıtkan materyallerden yapılmış plakalardır. Tek taraflı olduğu gibi çift taraflı, 3 katmanlı, 4 katmanlı ya da daha çok katmanlı olabilir. Bu projeye ve imkânlara bağlı olarak değişir.

Gray ve Johnson graf boyama problemini baskı devre kartlarının testlerinin yapılmasında kullanmıştır. Yukarıda bahsedildiği gibi elektriksel bağlantılar içi lehim kaplı deliklere ağ şeklinde bağlanırlar. Kartın imal sırasında dikkatsiz şekilde yapılan lehimler baskı devrenin çalışmasında sorunlar ortaya çıkaracaktır. Kartın testi sırasında deliklere devrelerin ulaşip ulaşmadığı kontrol edilir. Bu testin her devre ağı için elle yapılması oldukça yorucu ve zaman alıcı olacaktır. Bunun yerine kartın graf şeklinde modellenmesi ve boyama problemine indirgenmesi vasıtasıyla ağ gruplarının farklı renge boyaması ile testin kolaylaşması sağlanacaktır. [6]

3.4.5.Sosyal Ağların Analizi

Sosyal ağlar insanlar arasındaki arkadaşlık, ticari, siyasi ve diğer birçok ilişkilerin yani bağlantıların, toplumsal yapı içerisinde oluşan aktörlerin birbiri ile kurdukları ilişkileri gösteren yapılardır. [31] Bu yapılar sıklıkla graf modelleri kullanılarak görsel şekilde ifade edilirler. Sosyal ağlar topolojiye özgü grafiklerdir. Grafiklerden daha seyrek alanlarla bağlantılı olan kliklerden oluşur. Günümüzde sosyal medya olarak ifade edilen uygulamalarda nesnesi bireyler ve bağları onlar arasındaki iletişim olayları olan ağları tanımlı yaygın olarak kullanılır. [32] Graf renklendirme problemi sosyal ağ içerisinde benzer özellikteki bireylerin sınıflandırılması, toplumsal grupların aralarındaki ilişkilerin özelliklerinin belirlenmesi, ticari faaliyetlerde müşterilerin davranışsal özelliklerin belirlenmesi ve kestirimi gibi çalışmalarda kullanılabilir. [33]

3.4.6.Konuma Bağlı Uygulamalar

Harita üzerinde bulunan yerleşim yerleri, kurum ve kuruluşlar, mal ve hizmet sektöründe faaliyet gösteren ticari işletmeler, kara, deniz, hava ve demiryolları vasıtasıyla birbirine ulaşılabilir vaziyettedir. Tüm bu fiziki varlıklar arasındaki ulaşılabilirlik, temelde büyük ölçüden bir graf modelini oluşturmaktadır. Bu graf modeli üzerinde bir yerden bir yere ulaşımı sağlayan navigasyon gibi konuma bağlı uygulamalar birbirine benzer özellikte bulunan düğümlerin sınıflandırılması vasıtasıyla bu düğümler arasındaki ulaşımı sağlayacak en kısa yolların belirlenmesini sağlamaktadır. [31]

3.4.7.Ekosistem İncelemesi

Belirli bir ekosistem üzerinde içerisinde yaşamını devam ettiren canlı türleri arasında oluşan besin zincirleri, biyolojik iletişimlerin tanımlanması, oluşturulacak bir graf modeli üzerinde ifade edilebilir. Bu modelde, besin zinciri üzerinde aynı kademede olan canlıların gruplandırılması, birbiri ile biyolojik ilişkileri bulunan canlıların sınıflandırılması gibi faaliyetler için graf renklendirme, basit ve görsel bir araç olarak dikkat çekmektedir.

3.5.Graf Boyama Probleminin Çözülmesinde Kullanılan Algoritmalar

3.5.1.Tavlama Benzetmesi ve Tabu Arama Algoritmaları

Birçok kombinatorik optimizasyon probleminde zorluk yaşanmasının ana sebeplerinden biri mümkün olan optimum noktanın büyük bir sayı olmasıdır. Bir ayrıntılı (örtük) arama yöntemi, böyle bir probleme uygulandığında çok zaman alabilir. Çözüm için zaman endişe verici kadar uzun olduğunda, uygun zamanda çözüm alanına ulaşım için kısmi arama, ayrıntılı (örtük) aramaya göre daha doğal ve pratik bir alternatif olur. Yani çözüm alanı değişmeden çözüm zamanında iyileşme meydana gelir. Kısmi arama yönteminde endişe yaratan bir soru hangi kısmi alandan arama yapılmasına başlanmasıdır. Birçok örnekte olurlu bir çözüm alanının özellikleri, arama başladığında ve hatta bittiğinde bilinmemektedir. Bu nedenle, çoğu geleneksel arama yöntemleri var olan iyi bir sonucu daha iyi bir sonuç ile düzeltmeye çalışır. Bu düzeltme daha iyi bir sonuç bulunamayınca kadar devam eder. Bu yöntemde karşılaşılan bir sorun birçok yerel maksimum noktası olmasından dolayı mutlak maksimum noktayı bulamayabilir. Bu sorunu engellemek için yeni yöntemler bu komşu yerel minimumları atlayacak mekanizmalara sahiptir Ancak böyle bir atlamada geçici olarak objektif değer bozulabilir. Böyle olunca, belirli bir komşuluk dışında, yani bir çözüm alanı modelin farklı bölgelerinde, aramaya devam eder.

Son yıllarda, birçok sezgisel arama yöntemleri önerilmiştir. Tavlama Benzetimi ve Tabu Arama yerel tuzakları ve döngüleri önlemek için tasarlanmış iki sezgisel tekniktir.

Tavlama benzetiminde, rastgele faktörler kullanılarak yerel optimum noktanın komşularını dışarı atmak ve döngüleri önlemeye çalışırken geleneksel tabu arama aynı amaçla kendi mekanizmalarını kullanır. Günümüzde bu yöntemlerin bütünleştirilmesine yönelik bilimsel araştırmalar devam etmektedir. Tavlama benzetimi erime noktası üzerinde ısıtıldıktan sonra bir katı maddenin soğutma devresi olan tavlama sürecini simüle eder. Eritilmiş katı madde tavlama yapılırken kontrollü olarak soğutulur. Bu soğutma sıcaklıkları optimizasyon probleminde rasgele faktör olarak kullanılır. Tabu aramada ise daha önce ulaşılan çözümler tabu listesine kaydedilir ve tekrar kullanılmasına izin verilmez. Her adımda bulunan çözümler tabu listesi ile karşılaştırılır ve en iyi çözüm seçilir. [6]

Çeşitli tavlama benzetimi tabanlı sezgiselleri graf boyama problemi için de öne sürülmüştür. Çamlar ve diğerlerinin oluşturduğu saf tavlama benzetimi sezgiseli ve tavlama benzetimi ve yinelemeli en büyük ilk sezgiselini birleştiren bir sezgisel sundu. TB-YEBİ denilen bu bütünleşik sezgisel, ilk renksiz köşe sayısı belirli bir seviyeye ulaşınca kadar renk sınıfları oluşturmak için YEBİ kullanır. Bu seviye ulaşıldığında, TB-YEBİ bir tavlama benzetimi sezgiseli kalan renge geçer. TB-YEBİ sezgisel 1.000 düğümlü rasgele graf aileleri üzerinde test edilmiş ve oldukça başarılı sonuçlar vermiştir. Bir matematiksel fonksiyona uygulanan tavlama benzetimi algoritması işlem basamakları sırasıyla aşağıda gösterilmiştir:

Tavlama Benzetimi Algoritması İşlem Basamakları

- T için başlangıç değeri seçilir.
- N boyutlu uzayda \vec{x}_i başlangıç noktası ($i = 0$) seçilir, $f(\vec{x}_i)$ hesaplanır.
- Nokta $\vec{x}_{i+1} = \vec{x}_i + \nabla \vec{x}_i$, şeklinde rastgele bir hareket gerçekleştirilir, $f(\vec{x}_{i+1})$ hesaplanır.
- $f(\vec{x}_{i+1}) < f(\vec{x}_i)$ ise hareket kabul edilir, değilse
 - (a) $\omega = \exp [-(f(\vec{x}_{i+1}) - f(\vec{x}_i)) / T]$ önceden seçilen ve program boyunca sabit olan bir T değeri için hesaplanır.
 - (b) $0 < r < 1$ olacak biçimde bir r rastgele sayısı üretilir.
 - (c) $\omega > r$ ise hareket kabul edilir, değilse reddedilir.
- 3,4 işlemleri yeni hareket noktası için yinelenir.
- Fonksiyonun en küçük değerini veren \vec{x} bulunur (\vec{x}')
- T azaltılır.
- Yeni T için 2-6 arası işlemler, hareketin başlangıç noktası 6 da bulunan \vec{x}' olacak şekilde uygulanır.
- T, programın başında belirlenen değere indiğinde program durur. [24]

3.5.2.Sıralı / Aç Gözlü Sezgisel Algoritmalar (Sequential / Greedy Algorithms)

Sıralı açgözlü renklendirme sezgiselleri, renklendirilmiş düğümlerin sayısını başarılı bir şekilde arttırmasıyla renklendirmeyi genişletir. Bu yaklaşımda, renk düğüme bir kez atandığında düğümün rengi değişmeyecektir. Tipik olarak, bu yöntem ilk olarak belli kritere göre düğümleri sıralayacaktır.

Sonra yöntem en küçük olurlu renk ile belirli bir alanda her düğümü renklendirecektir. Renklendirmelerin kalitesi düğümlerin ilk sıralamasına bağlı olarak değişecektir. Örnek olarak n düğümlerin bir grafi için düğümlerin $n!$ sıralaması olasıdır.

Bu konuda birçok sıralama şekilleri uygulanmış ve test edilmiştir. Welsh ve Powell bir graftaki düğümleri azalan derecelerine göre sıralamış ve bu sıralamaya Largest First sezgiseli adını vermiştir. G grafının düğüm dereceleri $d_1 \geq d_2 \geq \dots \geq d_n$, şeklinde sıralandıktan sonra ,

$$\chi(G) \leq 1 + \max_i \min\{d_i, i - 1\} \text{ olacaktır. [6]}$$

Bunun yanında Matula tarafından Smallest First düğüm sıralama algoritması sunulmuştur. Bu algoritmanın işlem basamakları aşağıdaki gibidir.

1. G_n grafindaki minimum derece v_n ,
2. $j = n - 1$ 'de 1 'e kadar, v_j G_j grafına minimum derece olsun.

Yukarıdaki verilen basit sıralama algoritmalarının kullanılması ile Yinelemeli En Büyük İlk (Recursive Largest First, RLF) Sezgisel Algoritması graf boyama için kullanılmıştır, RFL sezgiselinde bir renk sınıfı (S_j) oluşturulması amacıyla aşağıdaki iki adım gerçekleştirilir.

Adım 1: $G(V_R)$ altgrafıdan en büyük dereceye sahip bir v düğümü seç. v 'yi S_j renk sınıfı içine al ve komşuluk ilişkili tüm kenarları da bu renk sınıfına dahil et.

Adım 2: $V_R \neq 0$ olduğunda Bir $v \in V_R$ olmak şartıyla en çok komşuluğu bulunan v 'yi seç ve S_j 'ye ekle sonrasında yine komşuluk ilişkili tüm kenarları da bu renk sınıfına dahil et.

Welch ve Powell'in geliştirdiği graf boyama algoritmasının davranışı ise adım adım aşağıdaki gibidir.

- Düğümler derecelerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanır.
- İlk renk birinci sıradaki düğüme atanır ve daha sonra aynı renk birbirlerine bitişik olmayacak biçimde diğer düğümlere verilir.

- Bir sonraki renge geçilir, bu renk sıradaki derecesi en yüksek olan düğüme atanır ve sonra bu renk, daha önce renklendirilmemiş düğümlere birbirlerine bitişi olmayacak şekilde atanır. Üçüncü adım tüm düğümlere renk verilince sonlandırılır.

Br'elaz' ın ortaya koymuş olduğu DSATUR (Doğunluk Derecesi) algoritması, dinamik olarak yerleşmiş köşe sıralamalı ardışık bir renklendirme algoritmasıdır. F, G'nin köşelerinin kısmi bir boyaması olduğunu varsayıldığında, bir düğümün doyum derecesi x , $deg_s(x)$, x'e bitişik köşelerdeki renkleri temsil eder. DSATUR, maksimal derecedeki düğüme renk 1'i atayarak başlar. DSATUR'un ardışık renklendirme prosedüründe bir sonraki atanacak renk sıradaki doyum derecesi maksimum olan düğüme atanır.

DSATUR sezgisel algoritmasının işlem basamakları basitçe aşağıdaki gibi olacaktır.

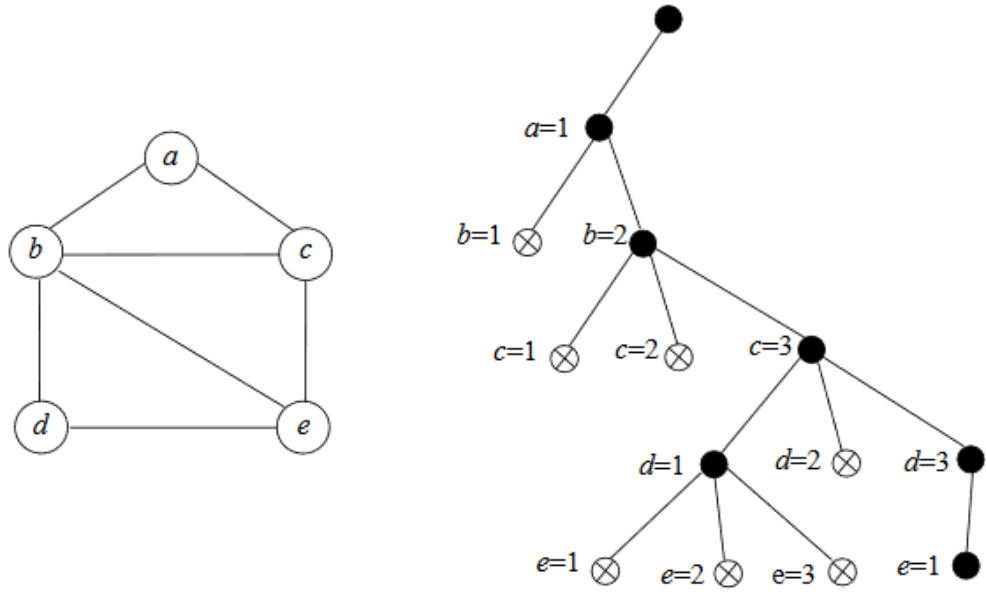
- Bir tam altgraf bulunur. (Maksimum olacak şekilde)
- Tam altgrafın renklendirilir.
- Doğunluk derecesinin artan sırayla kalan köşelerini sıralandırılır.
- Noktalar 3. adımda belirtilen şekilde verilen sırayla renklendirilir. Ayrıca, bir köşe renklendiğinde, renklendirme sırası değişecek şekilde komşu köşelerin doğunluk derecesini değiştirilir.
- Boyama iteratif teknikler ile geliştirilir.
- Boyama minimum yerel çakışma araştırması kullanılarak geliştirilir.
- Son boyama raporlanır.

Bir algoritma tasarım tekniği olarak, geri yayılım (backtracking) genellikle bütün arama alanını aramayı önleyen kapsamlı ayrıntılı bir tarama olarak tanımlanabilir. Testin, yalnızca kabul edilebilir (yani tatmin edici problem kısıtlamaları) çözümleri üretilecek şekilde nesil fazına dahil edildiği kaba kuvvet üretme-test yaklaşımının bir varyasyonudur. Geri yayılım, her bir problem için özelleştirilmesi gereken genel bir algoritmik tekniktir. [34]

Geri yayılım, karar verme ve optimizasyon olmak üzere her iki türdeki problem için de geçerlidir. Bir karar problemi, belirli kısıtlamaları karşılayan bir çözüm arar. Bir karar problemi, normal olarak, sorunun kısıtlamalarını karşılayan bir çözümün

varlığına ilişkin bir evet veya hayır cevabı gerektirir. Öte yandan, bir optimizasyon problemi problemin kısıtlarını karşılayan ve aynı zamanda da bazı objektif fonksiyonları en üst düzeye çıkaran (veya en aza indiren) bir çözüm arar. Geri yayılım algoritması, bir sorunun optimal noktasını çözebilir; çünkü sorunun kısıtlamalarını karşılayan tüm olası çözümlerin üretilmesine olanak tanır.

Graf boyama problemi için, iki bağlı / komşu köşenin aynı renge tahsis edilmediği kısıtlamasıyla yönsüz grafın köşelerine renk atanmak istenir. Optimizasyon bağlamında, minimum sayıda renk kullanarak bir grafi renklendirmeyi gerektirir. K-renklendirme olarak bilinen karar verme, bir grafın en çok k renk kullanarak renklenebilir olup olmadığını sorar. 3 renk sorunu, $k = 3$ olduğunda (yani, en fazla 3 renk kullanmasına izin verilen), k renklendirme sorununun özel bir örneğidir. 3-renklendirme probleminin non-linear olduğu bilinmektedir ki bu, çözülmesi için bilinen bir polinom zamanı algoritması olmadığı anlamına gelir. Geri yayılımı kullanmak da etkili bir algoritma sağlamaz ancak tekniği göstermek için iyi bir örnektir. Şekil.8'de geri yayılım algoritmasının verilen bir 3-boyanır grafta uygulaması görünmektedir.



Şekil.8. Geri yayılım algoritması [34]

4. DESTEK PERSONEL ATANMASINA YÖNELİK UYGULAMA

4.1. Uygulama Alanı Hakkında Genel Bilgi ve Mevcut Durum Analizi

Personel atama / yerleştirme probleminin graf renklendirme problemine indirgenmesini konu alan tezimizde yerleşimi yapılacak iş sağlığı ve güvenliği destek personel sayısının optimum seviyeye çekilmesi amaçlanmıştır. İşletmelerde iş sağlığı ve güvenliğinin tam anlamıyla sağlanmasında faaliyetlerin gerçekleştirildiği üretim alanının sürekli gözlem altına alınması gerekir. Amaç, sahada var olan ve kazaların %98'inin sebebi olan "tehlikeli hareket" ve "tehlikeli durumların" tespit edilmesi ve bunlara müdahale edilmesini sağlamaktır. Üretim alanının fiziki ölçüleri ve operasyonların çeşitliliği, saha gözetimi yapacak personel sayısını doğrudan etkileyen faktörlerdendir. Personel yerleşimi yapılacak kuruluş gemi ve yüzen yapıların onarım ile inşasının yapıldığı proje tipi ve atölye tipi üretimin bir arada olduğu karma yerleşim düzenine sahip bir işyeridir. Faaliyet alanı yaklaşık olarak 1 km² olup yüksek hacimde üretim yapan 38 adet atölye/fabrika ve yan alanları, depo alanları, proje alanları, sosyal tesisler ve diğer idari birimleri kapsamaktadır. Üretim faaliyetlerini gerçekleştiren çalışanlar, sabit ve mobil şekilde çalışabilmektedir. Sabit çalışanlar verilen iş emirlerine istinaden genellikle hareketli olmayıp belirlenmiş alanlarda faaliyet gösteren personeli, mobil çalışanlar ise ihtiyaçlara yönelik olarak üretim alanının farklı alanlarına hareket edip, oluşan ihtiyacı karşılayıp bağlı olduğu birime dönüş yapan personeli kapsamaktadır. Bu nedenle fabrika/atölye gibi sabit işyerlerinin dışında da personelin kümелendiği diğer alanlar oluşabilmektedir.

Aktif olarak üretim sahasında faaliyetlerine devam eden yaklaşık 2000 adet personelin bulunduğu göz önüne alındığında, bu personelin iş sağlığı ve güvenliği yönünden gözetim altında tutulması problemi ortaya çıkmaktadır. Bu problemin maliyet-etkin şekilde çözülmesi gerekmektedir. Bu amaçla üretim alanının ve çalışanların gözetimi ile diğer iş sağlığı ve güvenliği hizmetlerinin sağlanması amacıyla işyeri sağlık ve güvenlik departmanı kurulmuştur. Mevcut durum incelendiğinde, birim içerisinde yasal mevzuattan kaynaklanan zorunluluklar haricinde birincil olarak gözetim faaliyetlerini gerçekleştiren 8 adet destek personel mevcut bulunmaktadır. Söz konusu destek personelin sorumluluk alanları sürekli olarak değişmekte olup, sorumluluk alanlarına atanmalarında özel bir uygulama bulunmamaktadır. Destek personel herhangi bir mesai süresince atandıkları

bölgelerde gözetim yapmakta, iş güvenliği yönünden ortaya çıkan birtakım problemleri çözmek adına ilgili birimler ile iletişime geçmekte, riskli durumları tutanak altına almakta bazı durumlarda çalışmaya onay vermekte / engellemekte ve buldukları bölgenin dışına çıkmamaktadırlar. Bu görevlerin yapıldığı bölgelerin belirlenmesi rastgele yapılmış olduğundan personelin gözetim yaptığı ve kat ettikleri mesafeler arasında değişkenlik meydana gelmektedir. Bir personelin ortalama kat ettiği mesafe ile bir diğerinin arasında farklılıklar oluşmaktadır. Sabit görev alanı bulunduğu personel kapasitesinin altında bir mesafe kat ederek görevlerini yerine getirmektedir. Uygulama safhasında maliyetin azaltılması maksadıyla söz konusu gözetim faaliyetlerinde aksama yaşanmadan, atanan destek personel sayısının azaltılıp azaltılamayacağı, kat edilen ortalama mesafelerin artırılıp artırılmayacağı ve görevlendirilen destek personelin ortalama mesafeleri arasındaki farkın azaltılıp azaltılamayacağı sorularına cevap aranmaktadır.

4.2. Faaliyet Alanlarının Tespiti ve Graf Modelinin Oluşturulması

Uygulama çalışmasına başlanıldığında öncelikli olarak faaliyet alanında çalışanların sıklıkla bulunduğu ve üretimin kümелendiği tesislerin tespit edilmesi çalışması yapılmıştır. Bu çalışmalar neticesinde 127 adet yoğunluk alanına ulaşılmış olup bu alanların listesi Tablo.4’de gösterilmiştir.

Tablo.4. Yoğunluk Alanları ve Numaralandırma

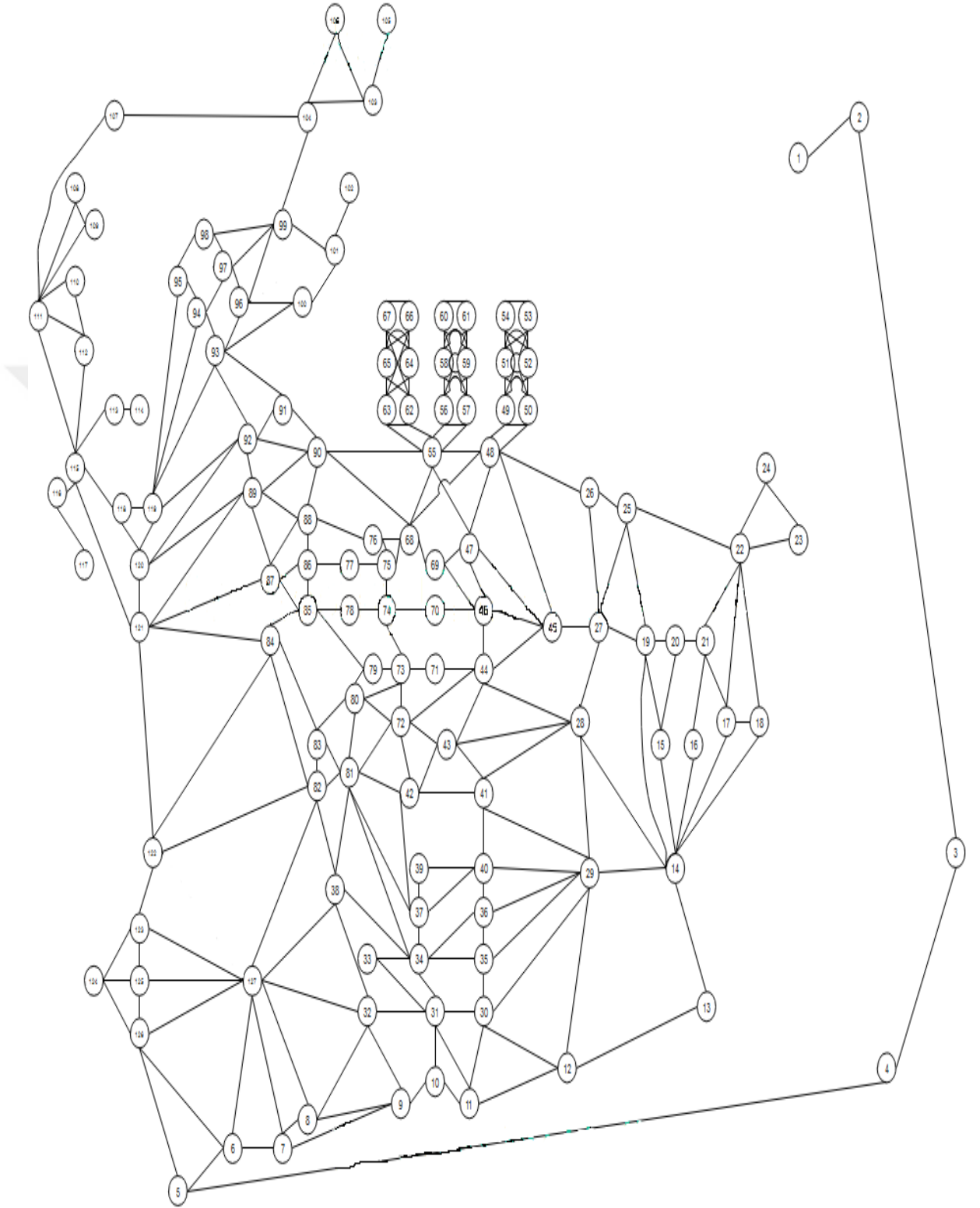
| Alan Numarası | Yoğunluk Alanı | Alan Numarası | Yoğunluk Alanı |
|---------------|---------------------------|---------------|------------------------------|
| 1 | Sosyal Tesis | 65 | Onarım Projesi-16 |
| 2 | Sosyal Tesis Giriş | 66 | Onarım Projesi-17 |
| 3 | Kuruluş Giriş Kapısı - 1 | 67 | Onarım Projesi-18 |
| 4 | Girişler arası yol | 68 | Kalibrasyon Fabrikası |
| 5 | Kuruluş Giriş Kapısı - 2 | 69 | Tesviye Fabrikası |
| 6 | İdari Bina-1 | 70 | Boru Onarım İmal Fabrikası-2 |
| 7 | Yemekhane | 71 | Mekanik Fabrika-5 |
| 8 | İdari Bina-2 | 72 | Taşıma-Aktarma Fabrikası |
| 9 | Sağlık ve Güvenlik Birimi | 73 | Geçiş Yolu-5 |
| 10 | Atölye-1 | 74 | Boru Onarım İmal Fabrikası-3 |

| | | | |
|----|--------------------------|-----|-----------------------------|
| 11 | İdari Bina-3 | 75 | İdari Bina-6 |
| 12 | Raspalama Alanı | 76 | Ölçü Aletleri Fabrikası |
| 13 | İtfaiye | 77 | Bakım-Onarım Fabrikası |
| 14 | Havuz Giriş | 78 | Elektrik Onarım Fabrika-1 |
| 15 | Proje Alanı-1 | 79 | Sac İşleme Fabrikası |
| 16 | Proje Alanı-2 | 80 | Döküm Fabrikası |
| 17 | Proje Alanı-3 | 81 | Metal İşleri Fabrikası-6 |
| 18 | Proje Alanı-4 | 82 | Sac Hazırlama Alanı |
| 19 | Geçiş Yolu-1 | 83 | Sac Hazırlama Alanı-2 |
| 20 | Geçiş Yolu-2 | 84 | Geçiş Yolu-6 |
| 21 | Geçiş Yolu-3 | 85 | Elektrik Onarım Fabrika-2 |
| 22 | Proje Alanı-5 | 86 | Ahşap İşleri Atölyesi-2 |
| 23 | Proje Alanı-6 | 87 | Mekanik Test Fabrikası |
| 24 | Proje Alanı-7 | 88 | Ahşap İşleri Atölyesi-3 |
| 25 | Su Boşaltma Fabrikası | 89 | Ahşap İşleri Atölyesi-4 |
| 26 | Onarım Alanı | 90 | Fiberglass İşleri Fabrikası |
| 27 | Yükleme alanı | 91 | Hurda Alanı |
| 28 | Kızak | 92 | Boyama Alanı |
| 29 | Ahşap İşleri Atölyesi-1 | 93 | Ambar-2 |
| 30 | Mekanik Fabrika-1 | 94 | Ambar-3 |
| 31 | Motor Onarım Fabrikası | 95 | Ambar-4 |
| 32 | İdari Bina-4 | 96 | Ambar-5 |
| 33 | Mekanik Fabrika-2 | 97 | Ambar-6 |
| 34 | Mekanik Fabrika-3 | 98 | Ambar-7 |
| 35 | Ambar | 99 | Malzeme-Takım Alanları-1 |
| 36 | Metal İşleri Fabrikası-1 | 100 | Onarım Projesi-19 |
| 37 | Metal İşleri Fabrikası-2 | 101 | Havuz-1 |
| 38 | Lastik-Plastik Fabrikası | 102 | Havuz-2 |
| 39 | Metal İşleri Fabrikası-3 | 103 | Havuz-3 |
| 40 | Metal İşleri Fabrikası-4 | 104 | Malzeme-Takım Alanları-2 |

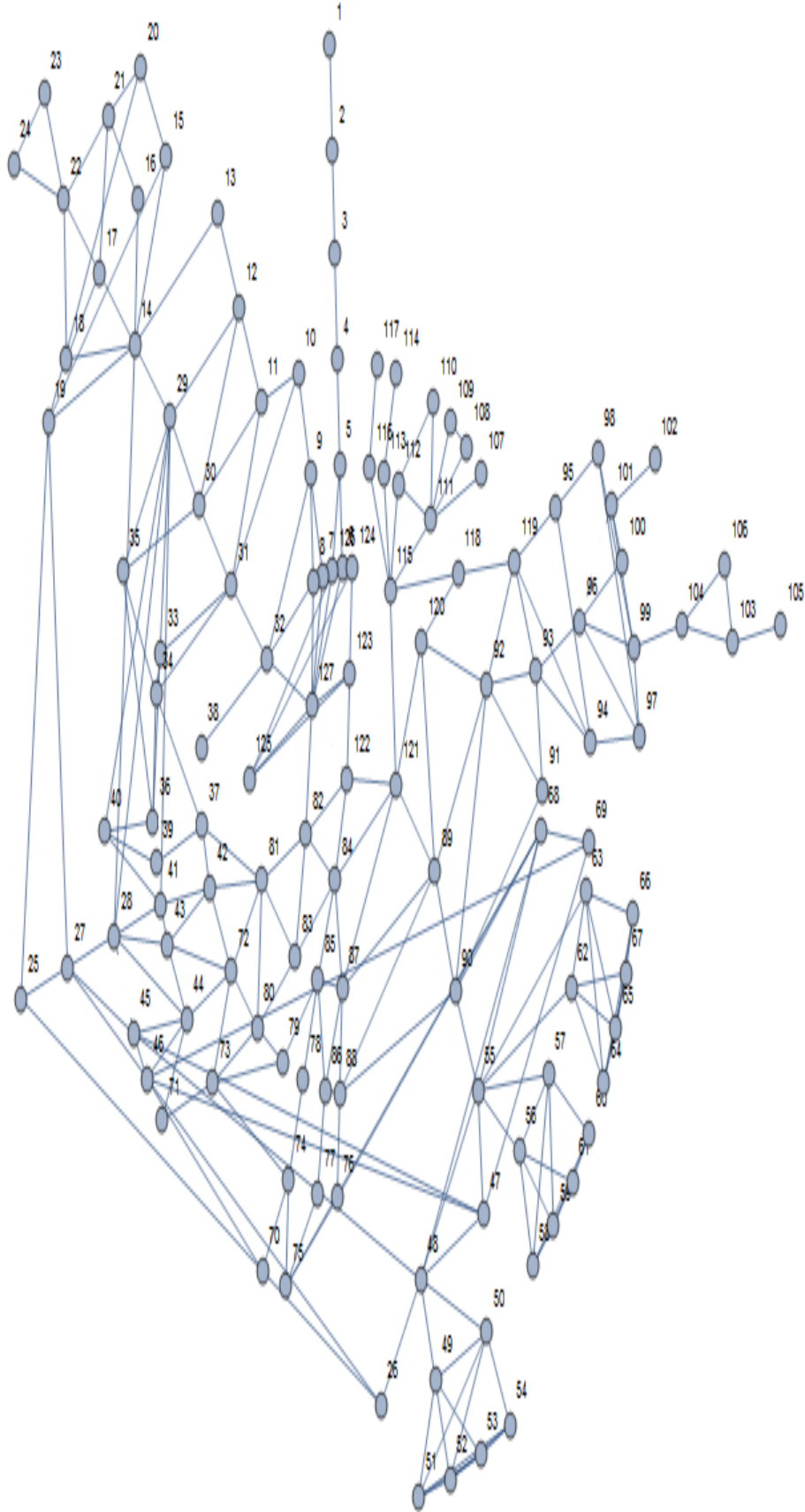
| | | | |
|----|------------------------------|-----|-----------------------|
| 41 | İdari Bina-5 | 105 | Havuz-4 |
| 42 | Metal İşleri Fabrikası-5 | 106 | NDT Alanı |
| 43 | Yükleme alanı | 107 | Spor Alanı |
| 44 | Mekanik Fabrika-4 | 108 | Gaz Üretim Alanı-1 |
| 45 | Geçiş Yolu-4 | 109 | Tüp Dolum Alanı-1 |
| 46 | Boru Onarım İmal Fabrikası-1 | 110 | Tüp Test Fabrikası |
| 47 | Gösterge Onarım Fabrikası | 111 | Geçiş Yolu-7 |
| 48 | Elektrik Dolabı-1 | 112 | Güvenlik Birimi |
| 49 | Onarım Projesi-1 | 113 | Elektronik Fabrika-1 |
| 50 | Onarım Projesi-2 | 114 | Boya Fabrikası |
| 51 | Onarım Projesi-3 | 115 | Boyama Alanı-2 |
| 52 | Onarım Projesi-4 | 116 | Gaz Üretim Alanı-2 |
| 53 | Onarım Projesi-5 | 117 | Tüp Dolum Alanı-2 |
| 54 | Onarım Projesi-6 | 118 | İzolasyon Fabrikası |
| 55 | Elektrik Dolabı-2 | 119 | Mekanik Fabrika-6 |
| 56 | Onarım Projesi-7 | 120 | Laboratuvar |
| 57 | Onarım Projesi-8 | 121 | Elektronik Fabrika-2 |
| 58 | Onarım Projesi-9 | 122 | Kazan Dairesi |
| 59 | Onarım Projesi-10 | 123 | Mekanik Fabrika-7 |
| 60 | Onarım Projesi-11 | 124 | Akaryakıt Dolum Alanı |
| 61 | Onarım Projesi-12 | 125 | Kaynak Fabrikası |
| 62 | Onarım Projesi-13 | 126 | Araç Onarım Fabrikası |
| 63 | Onarım Projesi-14 | 127 | İdari Bina-7 |
| 64 | Onarım Projesi-15 | 128 | - |

Tablo-4’de gösterilen yoğunluk alanlarının birbirleri olan ilişkileri için gerek personelin bir noktadan diğer noktaya olan olağan hareketleri gerekse de noktalar arasında hali hazırda var olan ulaşılabilirlik dikkate alınarak incelenmiş, bu noktalar arasındaki mesafeler de gözetildiğinde sonuç olarak karşımıza Şekil.9’da gösterilen graf ortaya çıkmıştır. Şekil.10’da görülen graf ise noktalar arası mesafe ve

konumlardan bağımsız olarak Mathematica-11 programı kullanılarak çizilmiş izomorfik graftır.



Şekil.9. Konumlar gözetilerek çizilen graf modeli



Şekil.10. Mathematica-11 programı ile çizilen izomorfik graf

Alanların düğümler ve bu alanlar arasındaki ulaşılabilirliklerin ise kenarlar olarak ifade edildiği Şekil.9 ve Şekil.10'da belirtilen grafların renklendirilmesi vasıtasıyla destek personelin atanacağı yoğunluk alanları belirlenecek, kullanılan renk sayısı yani oluşturulan graf modelinin kromatik sayısı dikkate alındığında ise en iyi destek personel sayısı ortaya çıkacaktır.

4.3. Grafın Matematiksel Modelleme Kullanılarak Renklendirilmesi

Faaliyet alanları ile ilişkileri incelenerek ortaya çıkan graf Bölüm 3.3'te belirttiğimiz matematiksel model ile modellenmiştir. Tam sayılı programlama ile kurulan model, Microsoft Excel eklentisi olan Frontline Systems Analytic Solver Platform kullanılarak çözülmüştür. Bölüm 3.3'de belirttiğimiz tam sayılı model kullanılarak graf renklendirme problemine indirgenen problemin matematiksel kapalı modeli şu şekilde oluşturulmuştur:

$$\min Y + 1$$

S.T.

$$X_i \leq Y$$

$$X_i - X_j - 1 \geq -127d_{ij} \quad \forall (v_i, v_j) \in E$$

$$X_j - X_i - 1 \geq -127 + 127d_{ij} \quad \forall (v_i, v_j) \in E$$

$$d_{ij} \in \{0,1\}, X_i \in Z^+ \quad \forall (v_i, v_j) \in E$$

Kurulan tam sayılı matematik modeli Microsoft Excel ile tablolaştırılmış olup model excel formatında yazılmıştır. Temel Solver eklentisi söz konusu modelin çözümü için yetersiz kalmıştır. Bunun üzerine model Frontline Analytic Solver Platform eklentisi içerisinde gömülü Gurobi Optimizasyon Motoru vasıtasıyla çözülmüştür. Bu optimizasyon motorunun kullanılmasının amacı herhangi bir model için değişken ve kısıt sayısında herhangi bir sınırlandırmanın bulunmamasıdır. Oluşturulan modelin çözümü sonucunda model yapı raporu Tablo.5'deki gibi ortaya çıkmıştır.

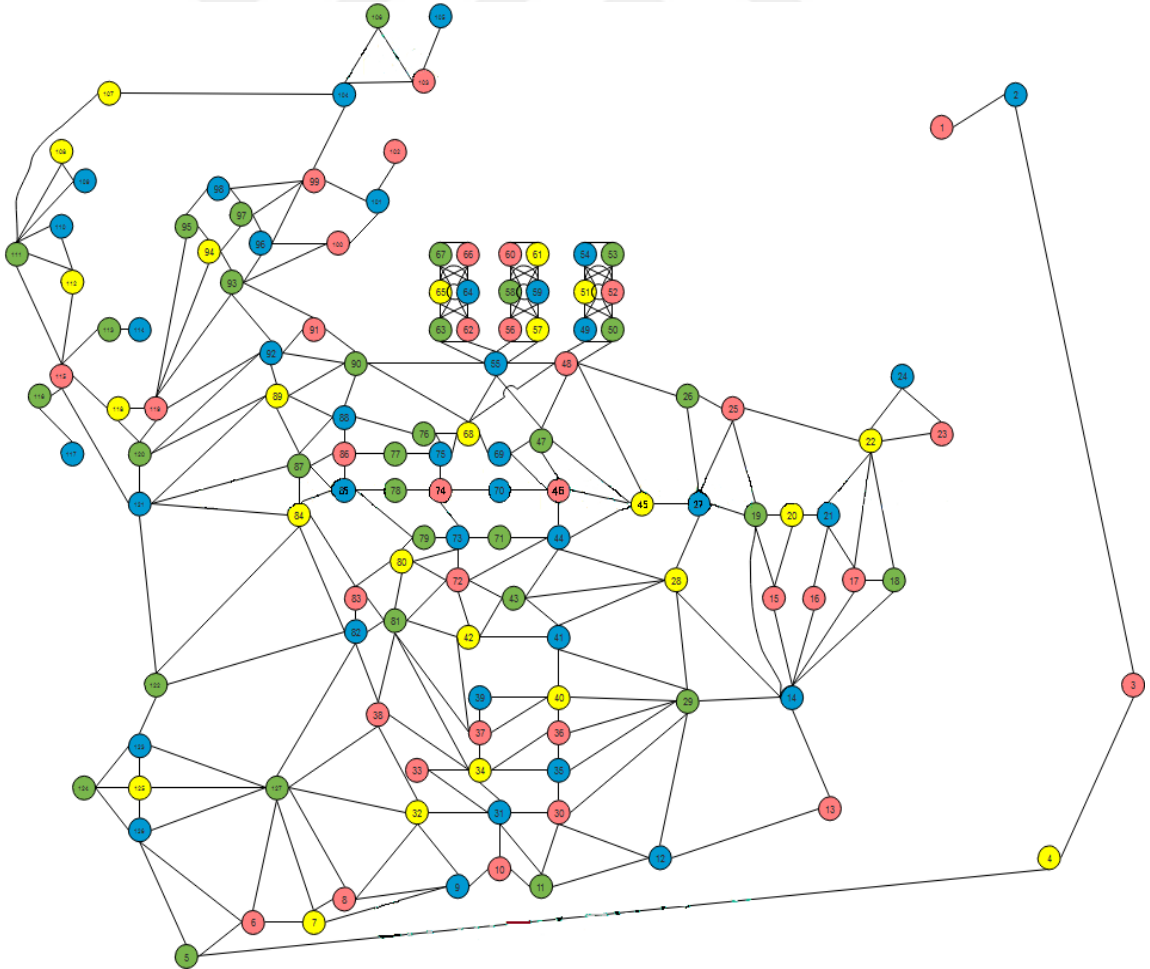
Tablo.5. Model Yapı Raporu

Microsoft Excel 16.0 Structure Report
Worksheet: [Solver deneme model.xlsx]Sayfa2
Report Created: 18.1.2017 23:12:57
Model Type: LP/MIP Assumption: NLP

Statistics

| | Variables | Functions | Dependents |
|--------|-----------|-----------|------------|
| All | 389 | 650 | 1821 |
| Smooth | 389 | 650 | 1821 |
| Linear | 389 | 650 | 1821 |

Ek-2 ve Ek-3'teki Cevap ve Çözüm raporları incelendiğinde grafın kromatik sayısı 4 olarak karşımıza çıkmıştır. Buradan hareketle problemimizde araştırdığımız bölgelere atanabilecek optimum destek personel sayısının 4 olacağı sonucuna ulaşılabilir. 4 adet renk kullanılarak tümü boyanabilen grafın boyanmış hali Şekil.11'de görülmektedir.



Şekil.11. Renklendirilmiş Graf

Uygulama ile graf renklendirme problemi şeklinde teşkil edilen destek personel atama sorunu tam sayılı programlama kullanılmak suretiyle çözülmüştür. Tam sayılı programlamanın yanı sıra söz konusu modellenmesi yapılmış olan problem Frontline Excel Solver eklentisi içerisinde Evrimsel Algoritma Motoru kullanılarak çözülmek istenmiş ancak söz konusu optimizasyon motoru için 200 değişken sınırlaması bulunduğu ve mevcut problem değişken ve kısıt sayısının bu sınırın üzerinde olması nedeniyle çözüm raporu alınamamıştır.

Tam sayılı programlama vasıtasıyla çözülen matematik program sonucunda çözüm çıktısı incelendiğinde, 127 adet yoğunluk alanından 37 adeti renk kodu 0 (mavi), 34 adeti renk kodu 1 (kırmızı), 32 adeti renk kodu 2 (yeşil), 24 adeti renk kodu 3 (sarı) ile boyanmak suretiyle toplam 4 adet renk kullanılarak graf boyanmıştır. Optimizasyon motoru 4, 5 ve 6 olmak üzere 3 adet olurlu çözüm sağlamış olup, en iyi sonuç olan 4 sayısı grafın kromatik sayısı olmuştur. Buradan hareketle söz konusu işyeri için kullanılabilir optimum destek personel sayısının 4 olduğu anlaşılmıştır. Mevcut durum incelendiğinde var olan 8 destek personel sayısına kıyasla %50 oranında iyileşmenin sağlanabileceği görülmüştür. Rastgele kümelenme şeklinde görev yerlerine atanmanın getirmiş olduğu lokalize uzmanlaşmanın yerine atanan her destek personel için tesisin bütünsel olarak incelenmesine imkân sağlanmıştır. Destek personel sayısında meydana gelen azalmanın doğal sonucu olarak personelin ortalama kat ettiği mesafelerde artış, personel maliyetlerinde ise azalmanın yaşanacağı bir başka deyişle iyileşme sağlanacağı öngörülmektedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapmış olduğumuz çalışmada öncelikle graf teorisi incelenmiştir. Teoriye ait tanımlar, graf oluşturma, graf renklendirme problemi açıklanmıştır. Son olarak ise graf kullanılarak saha gözetimi yapacak personel atamasına yönelik uygulama ile sonuçlar ortaya konulmuştur. Uygulamanın çözümünde kullanılacak yöntem ve teknikler ile teorinin kullanım alanlarına ayrıca bir başlık açılma ihtiyacı görülmüştür. Uygulama ile teorinin işletmeler açısından saha gözetim personeli sayısının belirlenmesinde de faydalı bir araç olacağı değerlendirilmektedir.

Graf renklendirme alanında yapılan çalışmalar, düzlemsel yapıdaki grafların boyanması için 4 rengin yeterli olacağını göstermiştir. Yapmış olduğumuz uygulamada ortaya çıkan sonuçlardan yola çıkıldığında çalışmanın teoremi desteklediği söylenebilir. Yaptığımız çalışma ve literatür ışığında, üretim veya hizmet sektöründe faaliyet gösteren tesislerde yürütülecek iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarının 4 adet destek personel kullanılarak yapılabilir olduğu, tesisin yoğunluk alanları dikkate alındığında bu sayının daha da azalabileceği tahmin edilmektedir. Ancak unutulmamalıdır ki faaliyet-yoğunluk alanlarına dayalı personel yerleştirilmesi için oluşturulan grafin düzlemsel graf tanımına uyması gerekliliği göz ardı edilmemelidir.

Uygulama yapılırken bahsedildiği gibi üretim alanına tam hakimiyet amacıyla faaliyet alanları bu alanlar arasındaki erişilebilirlik ve gözetim yapılan alan genişliği kısıtları ön plandadır. Ancak personel atama probleminde görevlendirilecek personelin, sahip olması gereken teknik özellik kısıdı, vardiya zaman kısıdı veya diğer hedefler kısıtlarını yerine getirdiği varsayılmıştır. Bu kısıtların da modele müdahil edilmesiyle daha etkili sonuçlar ortaya çıkacağı su götürmez bir gerçektir.

KAYNAKLAR

- [1] Seker, S.E., Çizge Teorisi, Yönetim Bilişim Sistemleri Ansiklopedisi, <http://ybsansiklopedi.com/>, (20.01.2017).
- [2] Çölkesen, T.R., Bilişim Matematiği Uygulamalı Ayırık Matematik, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 2015.
- [3] Christofides, N., Graph Theory: An Algorithmic Approach, Academic Press, London, 1975.
- [4] Ruohonen, K., Graph Theory, 2013.
- [5] Uyar, T., Yayimli, A., Harmanlı, E., Ayırık Matematik Çizgeler, 2001-2013.
- [6] Du, D.Z., Pardalos, P.M., Handbook of Combinatorial Optimization Volume 2, Kluwer Academic Publishers, The Netherland, 1998.
- [7] Weisstein, E., "Vertex Coloring." From MathWorld--A Wolfram Web Resource, <http://mathworld.wolfram.com/VertexColoring.html>, (01.09.2016).
- [8] Albertson, M. O., Hutchinson, J. P., Discrete Mathematics with Algorithms, John Wiley & Sons Inc., USA, 1988.
- [9] Bender, E. A., Williamson, S. G., A Short Course in Discrete Mathematics, Dover Publications, USA, 2005.
- [10] Bondy, J.A., Murty, U.S.R., Graph Theory With Applications. North-Holland Press, USA, 1982.
- [11] Tucker, A., Applied Combinatorics, John Wiley & Sons Inc., New York, 2012.
- [12] Ericsson, M. J., Introduction to Combinatorics, Wiley-Interscience Series In Discrete Mathematics and Optimization, USA, 1996.
- [13] West, D. B., Introduction to Graph Theory 2nd Edition, Pearson Higher Education, Illinois, 2001.

- [14] Öztürk, F., Kombinatorik (Sayma Problemleri), A.Ü.F.F. Döner Sermaye İşletmesi Yayınları, Ankara, 1995.
- [15] Doğanaksoy, A., Graf Teorisi I-II. Matematik Dünyası Dergisi, Ankara, 1993.
- [16] Kılıçarslan, K. (2007). Graf Teorisine Dayalı Yerleştirme Uygulamaları, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi, 2007.
- [17] Gökşen, B. (2004). Vertex Coloring of a Graph. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, 2004.
- [18] Beşeri, T. (2004). Edge Coloring Of A Graph. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, 2004.
- [19] Eiben, A.E., Van Der Hauw J.K., Van Hemert, J.I., Graph Coloring with Adaptive Evolutionary Algorithms. Journal of Heuristics, 1998.
- [20] Ekim, T., de Werra, D. J., On Split-Coloring Problems. Journal of Combinatorial Optimization, 2005.
- [21] Ngo, H.Q., Introduction to Graph Coloring, Combinatorial and Graph Algorithms, SUNY at Buffalo Lecture Notes, 2004.
- [22] Bender, E. A., Williamson, S. G., Unit GT: Basic Concepts in Graph Theory, 2010.
- [23] Sudakov, B., Graph Theory, 2015.
- [24] Çayıroğlu, İ., İleri Algoritma Analizi Isıl İşlem Algoritması www.ibrahimcayiroglu.com, (10.09.2016).
- [25] Golumbic, M.C., Hartman, I.B., Graph Theory, Combinatorics and Algorithms Interdisciplinary Applications, Springer Science + Business Media, Inc., New York, 2005.
- [26] Bollobas, B., Chromatic Number, Girth and Maximal Degree, Discrete Mathematics, North-Holland Publishig Company, Cambridge, 1978.
- [27] Cuypers, H., Discrete Mathematics, (10.06.2016), <http://athena.nitc.ac.in/~kmurali/Courses/DMSJan2013/cuypers.pdf>.
- [28] Rhishikesh, Graph Theory Origin and Seven Bridges of Königsberg, 2010.

- [29] Marecek J., Burke E.K., Parkes A.J., Rudova H.,
http://www.academia.edu/19495190/Integer_Programming_Formulations_of_Graph_Colouring. (05.11.2016).
- [30] Nathann, C., Several Graph Problems and Their Linear Program Formulations. <inria-00504914>, 2010.
- [31] http://web.karabuk.edu.tr/ismail.karas/759/Sunu1_esas.pdf (10.12.2016).
- [32] Chalupa, D., On the Ability of Graph Coloring Heuristics to Find Substructures in Social Networks, Bratislava, 2011.
- [33] Gençer M., Sosyal Ağlar, Analiz Yöntemleri ve Araçları,
<http://mgencer.com/files/SNA-Seminer.pdf> (07.01.2017).
- [34] <http://faculty.kfupm.edu.sa/ics/darwish/stuff/ics353handouts/Backtracking>
(01.01.2017).
- [35] <http://www.webalice.it/maurobovio/comenius/geometry2.htm> (05.04.2016)

EKLER

Ek-1: Graf Renklendirme Probleminin Tam Sayılı Matematiksel Açık Modeli

min $y+1$

S.T.

$$\begin{array}{lllll} x1 - y \leq 0 & x26 - y \leq 0 & x51 - y \leq 0 & x76 - y \leq 0 & x101 - y \leq 0 \\ x2 - y \leq 0 & x27 - y \leq 0 & x52 - y \leq 0 & x77 - y \leq 0 & x102 - y \leq 0 \\ x3 - y \leq 0 & x28 - y \leq 0 & x53 - y \leq 0 & x78 - y \leq 0 & x103 - y \leq 0 \\ x4 - y \leq 0 & x29 - y \leq 0 & x54 - y \leq 0 & x79 - y \leq 0 & x104 - y \leq 0 \\ x5 - y \leq 0 & x30 - y \leq 0 & x55 - y \leq 0 & x80 - y \leq 0 & x105 - y \leq 0 \\ x6 - y \leq 0 & x31 - y \leq 0 & x56 - y \leq 0 & x81 - y \leq 0 & x106 - y \leq 0 \\ x7 - y \leq 0 & x32 - y \leq 0 & x57 - y \leq 0 & x82 - y \leq 0 & x107 - y \leq 0 \\ x8 - y \leq 0 & x33 - y \leq 0 & x58 - y \leq 0 & x83 - y \leq 0 & x108 - y \leq 0 \\ x9 - y \leq 0 & x34 - y \leq 0 & x59 - y \leq 0 & x84 - y \leq 0 & x109 - y \leq 0 \\ x10 - y \leq 0 & x35 - y \leq 0 & x60 - y \leq 0 & x85 - y \leq 0 & x110 - y \leq 0 \\ x11 - y \leq 0 & x36 - y \leq 0 & x61 - y \leq 0 & x86 - y \leq 0 & x111 - y \leq 0 \\ x12 - y \leq 0 & x37 - y \leq 0 & x62 - y \leq 0 & x87 - y \leq 0 & x112 - y \leq 0 \\ x13 - y \leq 0 & x38 - y \leq 0 & x63 - y \leq 0 & x88 - y \leq 0 & x113 - y \leq 0 \\ x14 - y \leq 0 & x39 - y \leq 0 & x64 - y \leq 0 & x89 - y \leq 0 & x114 - y \leq 0 \\ x15 - y \leq 0 & x40 - y \leq 0 & x65 - y \leq 0 & x90 - y \leq 0 & x115 - y \leq 0 \\ x16 - y \leq 0 & x41 - y \leq 0 & x66 - y \leq 0 & x91 - y \leq 0 & x116 - y \leq 0 \\ x17 - y \leq 0 & x42 - y \leq 0 & x67 - y \leq 0 & x92 - y \leq 0 & x117 - y \leq 0 \\ x18 - y \leq 0 & x43 - y \leq 0 & x68 - y \leq 0 & x93 - y \leq 0 & x118 - y \leq 0 \\ x19 - y \leq 0 & x44 - y \leq 0 & x69 - y \leq 0 & x94 - y \leq 0 & x119 - y \leq 0 \\ x20 - y \leq 0 & x45 - y \leq 0 & x70 - y \leq 0 & x95 - y \leq 0 & x120 - y \leq 0 \\ x21 - y \leq 0 & x46 - y \leq 0 & x71 - y \leq 0 & x96 - y \leq 0 & x121 - y \leq 0 \\ x22 - y \leq 0 & x47 - y \leq 0 & x72 - y \leq 0 & x97 - y \leq 0 & x122 - y \leq 0 \\ x23 - y \leq 0 & x48 - y \leq 0 & x73 - y \leq 0 & x98 - y \leq 0 & x123 - y \leq 0 \\ x24 - y \leq 0 & x49 - y \leq 0 & x74 - y \leq 0 & x99 - y \leq 0 & x124 - y \leq 0 \\ x25 - y \leq 0 & x50 - y \leq 0 & x75 - y \leq 0 & x100 - y \leq 0 & x125 - y \leq 0 \\ x126 - y \leq 0 & & & & x127 - y \leq 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} x1 - x2 + 127d12 \geq 1 & x41 - x42 + 127d4142 \geq 1 & x79 - x80 + 127d7980 \geq 1 \\ x2 - x3 + 127d23 \geq 1 & x41 - x43 + 127d4143 \geq 1 & x79 - x85 + 127d7985 \geq 1 \\ x3 - x4 + 127d34 \geq 1 & x42 - x43 + 127d4243 \geq 1 & x80 - x81 + 127d8081 \geq 1 \\ x4 - x5 + 127d45 \geq 1 & x42 - x72 + 127d4272 \geq 1 & x80 - x83 + 127d8083 \geq 1 \\ x5 - x6 + 127d56 \geq 1 & x42 - x81 + 127d4281 \geq 1 & x81 - x82 + 127d8182 \geq 1 \\ x5 - x126 + 127d5126 \geq 1 & x43 - x44 + 127d4344 \geq 1 & x81 - x83 + 127d8183 \geq 1 \\ x6 - x7 + 127d67 \geq 1 & x43 - x72 + 127d4372 \geq 1 & x82 - x83 + 127d8283 \geq 1 \\ x6 - x126 + 127d6126 \geq 1 & x44 - x45 + 127d4445 \geq 1 & x82 - x84 + 127d8284 \geq 1 \\ x6 - x127 + 127d6127 \geq 1 & x44 - x46 + 127d4446 \geq 1 & x82 - x122 + 127d82122 \geq 1 \end{array}$$

| | | |
|--------------------------|--------------------------|------------------------------|
| x7 - x8 +127d78 >= 1 | x44 - x71 +127d4471 >= 1 | x83 - x84 +127d8384 >= 1 |
| x7 - x9 +127d79 >= 1 | x44 - x72 +127d4472 >= 1 | x84 - x85 +127d8485 >= 1 |
| x7 - x127 +127d7127 >= 1 | x45 - x46 +127d4546 >= 1 | x84 - x87 +127d8487 >= 1 |
| x8 - x9 +127d89 >= 1 | x45 - x47 +127d4547 >= 1 | x84 - x121 +127d84121 >= 1 |
| x8 - x32 +127d832 >= 1 | x45 - x48 +127d4548 >= 1 | x84 - x122 +127d84122 >= 1 |
| x8 - x127 +127d8127 >= 1 | x46 - x47 +127d4647 >= 1 | x85 - x86 +127d8586 >= 1 |
| x9 - x10 +127d910 >= 1 | x46 - x69 +127d4669 >= 1 | x85 - x87 +127d8587 >= 1 |
| x9 - x32 +127d932 >= 1 | x46 - x70 +127d4670 >= 1 | x86 - x87 +127d8687 >= 1 |
| x10 - x11 +127d1011 >= 1 | x47 - x48 +127d4748 >= 1 | x86 - x88 +127d8688 >= 1 |
| x10 - x31 +127d1031 >= 1 | x47 - x55 +127d4755 >= 1 | x87 - x88 +127d8788 >= 1 |
| x11 - x12 +127d1112 >= 1 | x47 - x69 +127d4769 >= 1 | x87 - x89 +127d8789 >= 1 |
| x11 - x30 +127d1130 >= 1 | x48 - x49 +127d4849 >= 1 | x87 - x121 +127d87121 >= 1 |
| x11 - x31 +127d1131 >= 1 | x48 - x50 +127d4850 >= 1 | x88 - x89 +127d8889 >= 1 |
| x12 - x13 +127d1213 >= 1 | x48 - x55 +127d4855 >= 1 | x88 - x90 +127d8890 >= 1 |
| x12 - x29 +127d1229 >= 1 | x48 - x68 +127d4868 >= 1 | x89 - x90 +127d8990 >= 1 |
| x12 - x30 +127d1230 >= 1 | x49 - x50 +127d4950 >= 1 | x89 - x92 +127d8992 >= 1 |
| x13 - x14 +127d1314 >= 1 | x49 - x51 +127d4951 >= 1 | x89 - x120 +127d89120 >= 1 |
| x14 - x15 +127d1415 >= 1 | x49 - x52 +127d4952 >= 1 | x89 - x121 +127d89121 >= 1 |
| x14 - x16 +127d1416 >= 1 | x49 - x53 +127d4953 >= 1 | x90 - x91 +127d9091 >= 1 |
| x14 - x17 +127d1417 >= 1 | x50 - x51 +127d5051 >= 1 | x90 - x92 +127d9092 >= 1 |
| x14 - x18 +127d1418 >= 1 | x50 - x52 +127d5052 >= 1 | x91 - x92 +127d9192 >= 1 |
| x14 - x19 +127d1419 >= 1 | x50 - x54 +127d5054 >= 1 | x91 - x93 +127d9193 >= 1 |
| x14 - x28 +127d1428 >= 1 | x51 - x52 +127d5152 >= 1 | x92 - x93 +127d9293 >= 1 |
| x14 - x29 +127d1429 >= 1 | x51 - x53 +127d5153 >= 1 | x92 - x119 +127d92119 >= 1 |
| x15 - x19 +127d1519 >= 1 | x51 - x54 +127d5154 >= 1 | x92 - x120 +127d92120 >= 1 |
| x15 - x20 +127d1520 >= 1 | x52 - x53 +127d5253 >= 1 | x93 - x94 +127d9394 >= 1 |
| x16 - x21 +127d1621 >= 1 | x52 - x54 +127d5254 >= 1 | x93 - x96 +127d9396 >= 1 |
| x17 - x18 +127d1718 >= 1 | x53 - x54 +127d5354 >= 1 | x93 - x100 +127d93100 >= 1 |
| x17 - x21 +127d1721 >= 1 | x55 - x56 +127d5556 >= 1 | x93 - x119 +127d93119 >= 1 |
| x17 - x22 +127d1722 >= 1 | x55 - x57 +127d5557 >= 1 | x94 - x95 +127d9495 >= 1 |
| x18 - x22 +127d1822 >= 1 | x55 - x62 +127d5562 >= 1 | x94 - x97 +127d9497 >= 1 |
| x19 - x20 +127d1920 >= 1 | x55 - x63 +127d5563 >= 1 | x94 - x119 +127d94119 >= 1 |
| x19 - x25 +127d1925 >= 1 | x55 - x68 +127d5568 >= 1 | x95 - x98 +127d9598 >= 1 |
| x19 - x27 +127d1927 >= 1 | x55 - x90 +127d5590 >= 1 | x95 - x119 +127d95119 >= 1 |
| x20 - x21 +127d2021 >= 1 | x56 - x57 +127d5657 >= 1 | x96 - x97 +127d9697 >= 1 |
| x21 - x22 +127d2122 >= 1 | x56 - x58 +127d5658 >= 1 | x96 - x99 +127d9699 >= 1 |
| x22 - x23 +127d2223 >= 1 | x56 - x59 +127d5659 >= 1 | x96 - x100 +127d96100 >= 1 |
| x22 - x24 +127d2224 >= 1 | x56 - x61 +127d5661 >= 1 | x97 - x98 +127d9798 >= 1 |
| x23 - x24 +127d2324 >= 1 | x57 - x58 +127d5758 >= 1 | x97 - x99 +127d9799 >= 1 |
| x25 - x26 +127d2526 >= 1 | x57 - x59 +127d5759 >= 1 | x98 - x99 +127d9899 >= 1 |
| x25 - x27 +127d2527 >= 1 | x57 - x60 +127d5760 >= 1 | x99 - x101 +127d99101 >= 1 |
| x26 - x27 +127d2627 >= 1 | x58 - x59 +127d5859 >= 1 | x99 - x104 +127d99104 >= 1 |
| x26 - x48 +127d2648 >= 1 | x58 - x60 +127d5860 >= 1 | x100 - x101 +127d100101 >= 1 |
| x27 - x28 +127d2728 >= 1 | x58 - x61 +127d5861 >= 1 | x101 - x102 +127d101102 >= 1 |

| | | |
|----------------------------|--------------------------|------------------------------|
| x27 - x45 +127d2745 >= 1 | x59 - x60 +127d5960 >= 1 | x103 - x104 +127d103104 >= 1 |
| x28 - x29 +127d2829 >= 1 | x59 - x61 +127d5961 >= 1 | x103 - x105 +127d103105 >= 1 |
| x28 - x41 +127d2841 >= 1 | x60 - x61 +127d6061 >= 1 | x103 - x106 +127d103106 >= 1 |
| x28 - x43 +127d2843 >= 1 | x62 - x63 +127d6263 >= 1 | x104 - x106 +127d104106 >= 1 |
| x28 - x44 +127d2844 >= 1 | x62 - x64 +127d6264 >= 1 | x104 - x107 +127d104107 >= 1 |
| x29 - x30 +127d2930 >= 1 | x62 - x65 +127d6265 >= 1 | x107 - x111 +127d107111 >= 1 |
| x29 - x35 +127d2935 >= 1 | x62 - x67 +127d6267 >= 1 | x108 - x109 +127d108109 >= 1 |
| x29 - x36 +127d2936 >= 1 | x63 - x64 +127d6364 >= 1 | x108 - x111 +127d108111 >= 1 |
| x29 - x40 +127d2940 >= 1 | x63 - x65 +127d6365 >= 1 | x109 - x111 +127d109111 >= 1 |
| x29 - x41 +127d2941 >= 1 | x63 - x66 +127d6366 >= 1 | x110 - x111 +127d110111 >= 1 |
| x30 - x31 +127d3031 >= 1 | x64 - x65 +127d6465 >= 1 | x110 - x112 +127d110112 >= 1 |
| x30 - x35 +127d3035 >= 1 | x64 - x66 +127d6466 >= 1 | x111 - x112 +127d111112 >= 1 |
| x31 - x32 +127d3132 >= 1 | x64 - x67 +127d6467 >= 1 | x111 - x115 +127d111115 >= 1 |
| x31 - x33 +127d3133 >= 1 | x65 - x66 +127d6566 >= 1 | x112 - x115 +127d112115 >= 1 |
| x31 - x34 +127d3134 >= 1 | x65 - x67 +127d6567 >= 1 | x113 - x114 +127d113114 >= 1 |
| x32 - x38 +127d3238 >= 1 | x66 - x67 +127d6667 >= 1 | x113 - x115 +127d113115 >= 1 |
| x32 - x127 +127d32127 >= 1 | x68 - x69 +127d6869 >= 1 | x115 - x116 +127d115116 >= 1 |
| x33 - x34 +127d3334 >= 1 | x68 - x75 +127d6875 >= 1 | x115 - x118 +127d115118 >= 1 |
| x34 - x35 +127d3435 >= 1 | x68 - x76 +127d6876 >= 1 | x115 - x121 +127d115121 >= 1 |
| x34 - x36 +127d3436 >= 1 | x68 - x90 +127d6890 >= 1 | x116 - x117 +127d116117 >= 1 |
| x34 - x37 +127d3437 >= 1 | x70 - x74 +127d7074 >= 1 | x118 - x119 +127d118119 >= 1 |
| x34 - x38 +127d3438 >= 1 | x71 - x73 +127d7173 >= 1 | x118 - x120 +127d118120 >= 1 |
| x34 - x81 +127d3481 >= 1 | x72 - x73 +127d7273 >= 1 | x119 - x120 +127d119120 >= 1 |
| x35 - x36 +127d3536 >= 1 | x72 - x80 +127d7280 >= 1 | x120 - x121 +127d120121 >= 1 |
| x36 - x40 +127d3640 >= 1 | x72 - x81 +127d7281 >= 1 | x121 - x122 +127d121122 >= 1 |
| x37 - x39 +127d3739 >= 1 | x73 - x74 +127d7374 >= 1 | x122 - x123 +127d122123 >= 1 |
| x37 - x40 +127d3740 >= 1 | x73 - x79 +127d7379 >= 1 | x123 - x124 +127d123124 >= 1 |
| x37 - x42 +127d3742 >= 1 | x74 - x75 +127d7475 >= 1 | x123 - x125 +127d123125 >= 1 |
| x37 - x81 +127d3781 >= 1 | x74 - x78 +127d7478 >= 1 | x123 - x127 +127d123127 >= 1 |
| x38 - x81 +127d3881 >= 1 | x75 - x76 +127d7576 >= 1 | x124 - x125 +127d124125 >= 1 |
| x38 - x82 +127d3882 >= 1 | x75 - x77 +127d7577 >= 1 | x124 - x126 +127d124126 >= 1 |
| x38 - x127 +127d38127 >= 1 | x76 - x88 +127d7688 >= 1 | x125 - x126 +127d125126 >= 1 |
| x39 - x40 +127d3940 >= 1 | x77 - x86 +127d7786 >= 1 | x125 - x127 +127d125127 >= 1 |
| x40 - x41 +127d4041 >= 1 | x78 - x85 +127d7885 >= 1 | x126 - x127 +127d126127 >= 1 |

x2 - x1 +127 - 127d12 >= -126
x3 - x2 +127 - 127d23 >= -126
x4 - x3 +127 - 127d34 >= -126
x5 - x4 +127 - 127d45 >= -126
x6 - x5 +127 - 127d56 >= -126
x126 - x5 +127 - 127d5126 >= -126
x7 - x6 +127 - 127d67 >= -126
x126 - x6 +127 - 127d6126 >= -126
x127 - x6 +127 - 127d6127 >= -126

x58 - x56 +127 - 127d5658 >= -126
x59 - x56 +127 - 127d5659 >= -126
x61 - x56 +127 - 127d5661 >= -126
x58 - x57 +127 - 127d5758 >= -126
x59 - x57 +127 - 127d5759 >= -126
x60 - x57 +127 - 127d5760 >= -126
x59 - x58 +127 - 127d5859 >= -126
x60 - x58 +127 - 127d5860 >= -126
x61 - x58 +127 - 127d5861 >= -126

| | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| x8 - x7 +127 - 127d78 >= -126 | x60 - x59 +127 - 127d5960 >= -126 |
| x9 - x7 +127 - 127d79 >= -126 | x61 - x59 +127 - 127d5961 >= -126 |
| x127 - x7 +127 - 127d7127 >= -126 | x61 - x60 +127 - 127d6061 >= -126 |
| x9 - x8 +127 - 127d89 >= -126 | x63 - x62 +127 - 127d6263 >= -126 |
| x32 - x8 +127+ 127d832 >= -126 | x64 - x62 +127 - 127d6264 >= -126 |
| x127 - x8 +127 - 127d8127 >= -126 | x65 - x62 +127 - 127d6265 >= -126 |
| x10 - x9 +127+ 127d910 >= -126 | x67 - x62 +127 - 127d6267 >= -126 |
| x32 - x10 +127 - 127d932 >= -126 | x64 - x63 +127 - 127d6364 >= -126 |
| x11 - x10 +127 - 127d1011 >= -126 | x65 - x63 +127 - 127d6365 >= -126 |
| x31 - x10 +127 - 127d1031 >= -126 | x66 - x63 +127 - 127d6366 >= -126 |
| x12 - x11 +127 - 127d1112 >= -126 | x65 - x64 +127 - 127d6465 >= -126 |
| x30 - x11 +27 +127d1130 >= -126 | x66 - x64 +127 - 127d6466 >= -126 |
| x31 - x11 +127 - 127d1131 >= -126 | x67 - x64 +127 - 127d6467 >= -126 |
| x13 - x12 +127 - 127d1213 >= -126 | x66 - x65 +127 - 127d6566 >= -126 |
| x29 - x12 +127 - 127d1229 >= -126 | x67 - x65 +127 - 127d6567 >= -126 |
| x30 - x12 +127 - 127d1230 >= -126 | x67 - x66 +127 - 127d6668 >= -126 |
| x14 - x13 +127 - 127d1314 >= -126 | x69 - x68 +127 - 127d6869 >= -126 |
| x15 - x14 +127 - 127d1415 >= -126 | x75 - x68 +127 - 127d6875 >= -126 |
| x16 - x14 +127 - 127d1416 >= -126 | x76 - x68 +127 - 127d6876 >= -126 |
| x17 - x14 +127 - 127d1417 >= -126 | x90 - x68 +127 - 127d6890 >= -126 |
| x18 - x14 +127 - 127d1418 >= -126 | x74 - x70 +127 - 127d7074 >= -126 |
| x19 - x14 +127 - 127d1419 >= -126 | x73 - x71 +127 - 127d7173 >= -126 |
| x28 - x14 +127 - 127d1428 >= -126 | x73 - x72 +127 - 127d7273 >= -126 |
| x29 - x14 +127 - 127d1429 >= -126 | x80 - x72 +127 - 127d7280 >= -126 |
| x19 - x15 +127 - 127d1519 >= -126 | x81 - x72 +127 - 127d7281 >= -126 |
| x20 - x15 +127 - 127d1520 >= -126 | x74 - x73 +127 - 127d7374 >= -126 |
| x21 - x16 +127 - 127d1621 >= -126 | x79 - x73 +127 - 127d7379 >= -126 |
| x18 - x17 +127 - 127d1718 >= -126 | x75 - x74 +127 - 127d7475 >= -126 |
| x21 - x17 +127 - 127d1721 >= -126 | x78 - x74 +127 - 127d7478 >= -126 |
| x22 - x17 +127 - 127d1722 >= -126 | x76 - x75 +127 - 127d7576 >= -126 |
| x22 - x18 +127 - 127d1822 >= -126 | x77 - x75 +127 - 127d7577 >= -126 |
| x20 - x19 +127 - 127d1920 >= -126 | x88 - x76 +127 - 127d7688 >= -126 |
| x25 - x19 +127 - 127d1925 >= -126 | x86 - x77 +127 - 127d7786 >= -126 |
| x27 - x19 +127 - 127d1927 >= -126 | x85 - x78 +127 - 127d7885 >= -126 |
| x21 - x20 +127 - 127d2021 >= -126 | x80 - x79 +127 - 127d7980 >= -126 |
| x22 - x21 +127 - 127d2122 >= -126 | x85 - x79 +127 - 127d7985 >= -126 |
| x23 - x22 +127 - 127d2223 >= -126 | x81 - x80 +127 - 127d8081 >= -126 |
| x24 - x22 +127 - 127d2224 >= -126 | x83 - x80 +127 - 127d8083 >= -126 |
| x24 - x23 +127 - 127d2324 >= -126 | x82 - x81 +127 - 127d8182 >= -126 |
| x26 - x25 +127 - 127d2526 >= -126 | x83 - x81 +127 - 127d8183 >= -126 |
| x27 - x25 +127 - 127d2527 >= -126 | x83 - x82 +127 - 127d8283 >= -126 |
| x27 - x26 +127 - 127d2627 >= -126 | x84 - x82 +127 - 127d8284 >= -126 |
| x48 - x26 +127 - 127d2648 >= -126 | x122 - x82 +127 - 127d82122 >= -126 |
| x28 - x27 +127 - 127d2728 >= -126 | x84 - x83 +127 - 127d8384 >= -126 |

$x_{45} - x_{27} + 127 - 127d_{2745} \geq -126$
 $x_{29} - x_{28} + 127 - 127d_{2829} \geq -126$
 $x_{41} - x_{28} + 127 - 127d_{2841} \geq -126$
 $x_{43} - x_{28} + 127 - 127d_{2843} \geq -126$
 $x_{44} - x_{28} + 127 - 127d_{2844} \geq -126$
 $x_{30} - x_{29} + 127 - 127d_{2930} \geq -126$
 $x_{35} - x_{29} + 127 - 127d_{2935} \geq -126$
 $x_{36} - x_{29} + 127 - 127d_{2936} \geq -126$
 $x_{40} - x_{29} + 127 - 127d_{2940} \geq -126$
 $x_{41} - x_{29} + 127 - 127d_{2941} \geq -126$
 $x_{31} - x_{30} + 127 - 127d_{3031} \geq -126$
 $x_{35} - x_{30} + 127 - 127d_{3035} \geq -126$
 $x_{32} - x_{31} + 127 - 127d_{3132} \geq -126$
 $x_{33} - x_{31} + 127 - 127d_{3133} \geq -126$
 $x_{34} - x_{31} + 127 - 127d_{3134} \geq -126$
 $x_{38} - x_{32} + 127 - 127d_{3238} \geq -126$
 $x_{127} - x_{32} + 127 - 127d_{32127} \geq -126$
 $x_{34} - x_{33} + 127 - 127d_{3334} \geq -126$
 $x_{35} - x_{34} + 127 - 127d_{3435} \geq -126$
 $x_{36} - x_{34} + 127 - 127d_{3436} \geq -126$
 $x_{37} - x_{34} + 127 - 127d_{3437} \geq -126$
 $x_{38} - x_{34} + 127 - 127d_{3438} \geq -126$
 $x_{81} - x_{34} + 127 - 127d_{3481} \geq -126$
 $x_{36} - x_{35} + 127 - 127d_{3536} \geq -126$
 $x_{40} - x_{36} + 127 - 127d_{3640} \geq -126$
 $x_{39} - x_{37} + 127 - 127d_{3739} \geq -126$
 $x_{40} - x_{37} + 127 - 127d_{3740} \geq -126$
 $x_{42} - x_{37} + 127 - 127d_{3742} \geq -126$
 $x_{81} - x_{37} + 127 - 127d_{3781} \geq -126$
 $x_{81} - x_{38} + 127 - 127d_{3881} \geq -126$
 $x_{82} - x_{38} + 127 - 127d_{3882} \geq -126$
 $x_{127} - x_{38} + 127 - 127d_{38127} \geq -126$
 $x_{40} - x_{39} + 127 - 127d_{3940} \geq -126$
 $x_{41} - x_{40} + 127 - 127d_{4041} \geq -126$
 $x_{42} - x_{41} + 127 - 127d_{4142} \geq -126$
 $x_{43} - x_{41} + 127 - 127d_{4143} \geq -126$
 $x_{43} - x_{42} + 127 - 127d_{4243} \geq -126$
 $x_{72} - x_{42} + 127 - 127d_{4272} \geq -126$
 $x_{81} - x_{42} + 127 - 127d_{4281} \geq -126$
 $x_{44} - x_{43} + 127 - 127d_{4344} \geq -126$
 $x_{72} - x_{43} + 127 - 127d_{4372} \geq -126$
 $x_{45} - x_{44} + 127 - 127d_{4445} \geq -126$
 $x_{46} - x_{44} + 127 - 127d_{4446} \geq -126$
 $x_{71} - x_{44} + 127 - 127d_{4471} \geq -126$
 $x_{85} - x_{84} + 127 - 127d_{8485} \geq -126$
 $x_{87} - x_{84} + 127 - 127d_{8487} \geq -126$
 $x_{121} - x_{84} + 127 - 127d_{84121} \geq -126$
 $x_{122} - x_{84} + 127 - 127d_{84122} \geq -126$
 $x_{86} - x_{85} + 127 - 127d_{8586} \geq -126$
 $x_{87} - x_{85} + 127 - 127d_{8587} \geq -126$
 $x_{87} - x_{86} + 127 - 127d_{8687} \geq -126$
 $x_{88} - x_{86} + 127 - 127d_{8688} \geq -126$
 $x_{88} - x_{87} + 127 - 127d_{8788} \geq -126$
 $x_{89} - x_{87} + 127 - 127d_{8789} \geq -126$
 $x_{121} - x_{87} + 127 - 127d_{87121} \geq -126$
 $x_{89} - x_{88} + 127 - 127d_{8889} \geq -126$
 $x_{90} - x_{88} + 127 - 127d_{8890} \geq -126$
 $x_{90} - x_{89} + 127 - 127d_{8990} \geq -126$
 $x_{92} - x_{89} + 127 - 127d_{8992} \geq -126$
 $x_{120} - x_{89} + 127 - 127d_{89120} \geq -126$
 $x_{121} - x_{89} + 127 - 127d_{89121} \geq -126$
 $x_{91} - x_{90} + 127 - 127d_{9091} \geq -126$
 $x_{92} - x_{90} + 127 - 127d_{9092} \geq -126$
 $x_{92} - x_{91} + 127 - 127d_{9192} \geq -126$
 $x_{93} - x_{91} + 127 - 127d_{9193} \geq -126$
 $x_{93} - x_{92} + 127 - 127d_{9293} \geq -126$
 $x_{119} - x_{92} + 127 - 127d_{92119} \geq -126$
 $x_{120} - x_{92} + 127 - 127d_{92120} \geq -126$
 $x_{94} - x_{93} + 127 - 127d_{9394} \geq -126$
 $x_{96} - x_{93} + 127 - 127d_{9396} \geq -126$
 $x_{100} - x_{93} + 127 - 127d_{93100} \geq -126$
 $x_{119} - x_{93} + 127 - 127d_{93119} \geq -126$
 $x_{95} - x_{94} + 127 - 127d_{9495} \geq -126$
 $x_{97} - x_{94} + 127 - 127d_{9497} \geq -126$
 $x_{119} - x_{94} + 127 - 127d_{94119} \geq -126$
 $x_{98} - x_{95} + 127 - 127d_{9598} \geq -126$
 $x_{119} - x_{95} + 127 - 127d_{95119} \geq -126$
 $x_{97} - x_{96} + 127 - 127d_{9697} \geq -126$
 $x_{99} - x_{96} + 127 - 127d_{9699} \geq -126$
 $x_{100} - x_{96} + 127 - 127d_{96100} \geq -126$
 $x_{98} - x_{97} + 127 - 127d_{9798} \geq -126$
 $x_{99} - x_{97} + 127 - 127d_{9799} \geq -126$
 $x_{99} - x_{98} + 127 - 127d_{9899} \geq -126$
 $x_{101} - x_{99} + 127 - 127d_{99101} \geq -126$
 $x_{104} - x_{99} + 127 - 127d_{99104} \geq -126$
 $x_{101} - x_{100} + 127 - 127d_{100101} \geq -126$
 $x_{102} - x_{101} + 127 - 127d_{101102} \geq -126$
 $x_{104} - x_{103} + 127 - 127d_{103104} \geq -126$

x72 - x44 +127 - 127d4472 >= -126
 x46 - x45 +127 - 127d4546 >= -126
 x47 - x45 +127 - 127d4547 >= -126
 x48 - x45 +127 - 127d4548 >= -126
 x47 - x46 +127 - 127d4647 >= -126
 x69 - x46 +127 - 127d4669 >= -126
 x70 - x46 +127 - 127d4670 >= -126
 x48 - x47 +127 - 127d4748 >= -126
 x55 - x47 +127 - 127d4755 >= -126
 x69 - x47 +127 - 127d4769 >= -126
 x49 - x48 +127 - 127d4849 >= -126
 x50 - x48 +127 - 127d4850 >= -126
 x55 - x48 +127 - 127d4855 >= -126
 x68 - x48 +127 - 127d4868 >= -126
 x50 - x49 +127 - 127d4950 >= -126
 x51 - x49 +127 - 127d4951 >= -126
 x52 - x49 +127 - 127d4952 >= -126
 x53 - x49 +127 - 127d4953 >= -126
 x51 - x50 +127 - 127d5051 >= -126
 x52 - x50 +127 - 127d5052 >= -126
 x54 - x50 +127 - 127d5054 >= -126
 x52 - x51 +127 - 127d5152 >= -126
 x53 - x51 +127 - 127d5153 >= -126
 x54 - x51 +127 - 127d5154 >= -126
 x53 - x52 +127 - 127d5253 >= -126
 x54 - x52 +127 - 127d5254 >= -126
 x54 - x53 +127 - 127d5354 >= -126
 x56 - x55 +127 - 127d5556 >= -126
 x57 - x55 +127 - 127d5557 >= -126
 x62 - x55 +127 - 127d5562 >= -126
 x63 - x55 +127 - 127d5563 >= -126
 x68 - x55 +127 - 127d5568 >= -126
 x90 - x55 +127 - 127d5590 >= -126
 x57 - x56 +127 - 127d5657 >= -126

x105 - x103 +127 - 127d103105 >= -126
 x106 - x103 +127 - 127d103106 >= -126
 x106 - x104 +127 - 127d104106 >= -126
 x107 - x104 +127 - 127d104107 >= -126
 x111 - x107 +127 - 127d107111 >= -126
 x109 - x108 +127 - 127d108109 >= -126
 x111 - x108 +127 - 127d108111 >= -126
 x111 - x109 +127 - 127d109111 >= -126
 x111 - x110 +127 - 127d110111 >= -126
 x112 - x110 +127 - 127d110112 >= -126
 x112 - x111 +127 - 127d111112 >= -126
 x115 - x111 +127 - 127d111115 >= -126
 x115 - x112 +127 - 127d112115 >= -126
 x114 - x113 +127 - 127d113114 >= -126
 x115 - x113 +127 - 127d113115 >= -126
 x116 - x115 +127 - 127d115116 >= -126
 x118 - x115 +127 - 127d115118 >= -126
 x121 - x115 +127 - 127d115121 >= -126
 x117 - x116 +127 - 127d116117 >= -126
 x119 - x118 +127 - 127d118119 >= -126
 x120 - x118 +127 - 127d118120 >= -126
 x120 - x119 +127 - 127d119120 >= -126
 x121 - x120 +127 - 127d120121 >= -126
 x122 - x121 +127 - 127d121122 >= -126
 x123 - x122 +127 - 127d122123 >= -126
 x124 - x123 +127 - 127d123124 >= -126
 x125 - x123 +127 - 127d123125 >= -126
 x127 - x123 +127 - 127d123127 >= -126
 x125 - x124 +127 - 127d124125 >= -126
 x126 - x124 +127 - 127d124126 >= -126
 x126 - x125 +127 - 127d125126 >= -126
 x127 - x125 +127 - 127d125127 >= -126
 x127 - x126 +127 - 127d126127 >= -126

| | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| BIN d12 | BIN d2728 | BIN d4748 | BINd6869 | BIN d9394 |
| BIN d23 | BIN d2745 | BIN d4755 | BIN d6875 | BIN d9396 |
| BIN d34 | BIN d2829 | BIN d4769 | BIN d6876 | BIN d93100 |
| BIN d45 | BIN d2841 | BIN d4849 | BIN d6890 | BIN d93119 |
| BIN d56 | BIN d2843 | BIN d4850 | BIN d7074 | BIN d9495 |
| BIN d5126 | BIN d2844 | BIN d4855 | BIN d7173 | BIN d9497 |
| BIN d67 | BIN d2930 | BIN d4868 | BIN d7273 | BIN d94119 |
| BIN d6126 | BIN d2935 | BIN d4950 | BIN d7280 | BIN d9598 |
| BIN d6127 | BIN d2936 | BIN d4951 | BIN d7281 | BIN d95119 |

| | | | | |
|-----------|------------|-----------|------------|-------------|
| BIN d78 | BIN d2940 | BIN d4952 | BIN d7374 | BIN d9697 |
| BIN d79 | BIN d2941 | BIN d4953 | BIN d7379 | BIN d9699 |
| BIN d7127 | BIN d3031 | BIN d5051 | BIN d7475 | BIN d96100 |
| BIN d89 | BIN d3035 | BIN d5052 | BIN d7478 | BIN d9798 |
| BIN d832 | BIN d3132 | BIN d5054 | BIN d7576 | BIN d9799 |
| BIN d8127 | BIN d3133 | BIN d5152 | BIN d7577 | BIN d9899 |
| BIN d910 | BIN d3134 | BIN d5153 | BIN d7688 | BIN d99101 |
| BIN d932 | BIN d3238 | BIN d5154 | BIN d7786 | BIN d99104 |
| BIN d1011 | BIN d32127 | BIN d5253 | BIN d7885 | BIN d100101 |
| BIN d1031 | BIN d3334 | BIN d5254 | BIN d7980 | BIN d101102 |
| BIN d1112 | BIN d3435 | BIN d5354 | BIN d7985 | BIN d103104 |
| BIN d1130 | BIN d3436 | BIN d5556 | BIN d8081 | BIN d103105 |
| BIN d1131 | BIN d3437 | BIN d5557 | BIN d8083 | BIN d103106 |
| BIN d1213 | BIN d3438 | BIN d5562 | BIN d8182 | BIN d104106 |
| BIN d1229 | BIN d3481 | BIN d5563 | BIN d8183 | BIN d104107 |
| BIN d1230 | BIN d3536 | BIN d5568 | BIN d8283 | BIN d107111 |
| BIN d1314 | BIN d3640 | BIN d5590 | BIN d8284 | BIN d108109 |
| BIN d1415 | BIN d3739 | BIN d5657 | BIN d82122 | BIN d108111 |
| BIN d1416 | BIN d3740 | BIN d5658 | BIN d8384 | BIN d109111 |
| BIN d1417 | BIN d3742 | BIN d5659 | BIN d8485 | BIN d110111 |
| BIN d1418 | BIN d3781 | BIN d5661 | BIN d8487 | BIN d110112 |
| BIN d1419 | BIN d3881 | BIN d5758 | BIN d84121 | BIN d111112 |
| BIN d1428 | BIN d3882 | BIN d5759 | BIN d84122 | BIN d111115 |
| BIN d1429 | BIN d38127 | BIN d5760 | BIN d8586 | BIN d112115 |
| BIN d1519 | BIN d3940 | BIN d5859 | BIN d8587 | BIN d113114 |
| BIN d1520 | BIN d4041 | BIN d5860 | BIN d8687 | BIN d113115 |
| BIN d1621 | BIN d4142 | BIN d5861 | BIN d8688 | BIN d115116 |
| BIN d1718 | BIN d4143 | BIN d5960 | BIN d8788 | BIN d115118 |
| BIN d1721 | BIN d4243 | BIN d5961 | BIN d8789 | BIN d115121 |
| BIN d1722 | BIN d4272 | BIN d6061 | BIN d87121 | BIN d116117 |
| BIN d1822 | BIN d4281 | BIN d6263 | BIN d8889 | BIN d118119 |
| BIN d1920 | BIN d4344 | BIN d6264 | BIN d8890 | BIN d118120 |
| BIN d1925 | BIN d4372 | BIN d6265 | BIN d8990 | BIN d119120 |
| BIN d1927 | BIN d4445 | BIN d6267 | BIN d8992 | BIN d120121 |
| BIN d2021 | BIN d4446 | BIN d6364 | BIN d89120 | BIN d121122 |
| BIN d2122 | BIN d4471 | BIN d6365 | BIN d89121 | BIN d122123 |
| BIN d2223 | BIN d4472 | BIN d6366 | BIN d9091 | BIN d123124 |
| BIN d2224 | BIN d4546 | BIN d6465 | BIN d9092 | BIN d123125 |
| BIN d2324 | BIN d4547 | BIN d6466 | BIN d9192 | BIN d123127 |
| BIN d2526 | BIN d4548 | BIN d6467 | BIN d9193 | BIN d124125 |
| BIN d2527 | BIN d4647 | BIN d6566 | BIN d9293 | BIN d124126 |
| BIN d2627 | BIN d4669 | BIN d6567 | BIN d92119 | BIN d125126 |
| BIN d2648 | BIN d4670 | BINd6667 | BIN d92120 | BIN d125127 |
| | | | | BIN d126127 |

| | | | | |
|-----------|----------|----------|-----------|-----------|
| x1 >= 0 | x26 >= 0 | x51 >= 0 | x76 >= 0 | x101 >= 0 |
| x2 >= 0 | x27 >= 0 | x52 >= 0 | x77 >= 0 | x102 >= 0 |
| x3 >= 0 | x28 >= 0 | x53 >= 0 | x78 >= 0 | x103 >= 0 |
| x4 >= 0 | x29 >= 0 | x54 >= 0 | x79 >= 0 | x104 >= 0 |
| x5 >= 0 | x30 >= 0 | x55 >= 0 | x80 >= 0 | x105 >= 0 |
| x6 >= 0 | x31 >= 0 | x56 >= 0 | x81 >= 0 | x106 >= 0 |
| x7 >= 0 | x32 >= 0 | x57 >= 0 | x82 >= 0 | x107 >= 0 |
| x8 >= 0 | x33 >= 0 | x58 >= 0 | x83 >= 0 | x108 >= 0 |
| x9 >= 0 | x34 >= 0 | x59 >= 0 | x84 >= 0 | x109 >= 0 |
| x10 >= 0 | x35 >= 0 | x60 >= 0 | x85 >= 0 | x110 >= 0 |
| x11 >= 0 | x36 >= 0 | x61 >= 0 | x86 >= 0 | x111 >= 0 |
| x12 >= 0 | x37 >= 0 | x62 >= 0 | x87 >= 0 | x112 >= 0 |
| x13 >= 0 | x38 >= 0 | x63 >= 0 | x88 >= 0 | x113 >= 0 |
| x14 >= 0 | x39 >= 0 | x64 >= 0 | x89 >= 0 | x114 >= 0 |
| x15 >= 0 | x40 >= 0 | x65 >= 0 | x90 >= 0 | x115 >= 0 |
| x16 >= 0 | x41 >= 0 | x66 >= 0 | x91 >= 0 | x116 >= 0 |
| x17 >= 0 | x42 >= 0 | x67 >= 0 | x92 >= 0 | x117 >= 0 |
| x18 >= 0 | x43 >= 0 | x68 >= 0 | x93 >= 0 | x118 >= 0 |
| x19 >= 0 | x44 >= 0 | x69 >= 0 | x94 >= 0 | x119 >= 0 |
| x20 >= 0 | x45 >= 0 | x70 >= 0 | x95 >= 0 | x120 >= 0 |
| x21 >= 0 | x46 >= 0 | x71 >= 0 | x96 >= 0 | x121 >= 0 |
| x22 >= 0 | x47 >= 0 | x72 >= 0 | x97 >= 0 | x122 >= 0 |
| x23 >= 0 | x48 >= 0 | x73 >= 0 | x98 >= 0 | x123 >= 0 |
| x24 >= 0 | x49 >= 0 | x74 >= 0 | x99 >= 0 | x124 >= 0 |
| x25 >= 0 | x50 >= 0 | x75 >= 0 | x100 >= 0 | x125 >= 0 |
| x126 >= 0 | | | | x127 >= 0 |

Ek-2: Cevap Raporu

Microsoft Excel 16.0 Answer Report

Worksheet: [Solver deneme model.xlsx]Sayfa2

Report Created: 18.1.2017 23:12:43

Result: Solver found an integer solution within tolerance.

All constraints are satisfied.

Engine: Gurobi Solver

Solution Time: 03 Seconds

Iterations: 0

Subproblems: 5037

Incumbent Solutions: 3

Objective Cell (Min)

| Cell | Name | Original Value | Final Value |
|--------|------|----------------|-------------|
| \$A\$3 | miny | 4 | 4 |

Decision Variable Cells

| Cell | Name | Original Value | Final Value | Type |
|--------|------|----------------|-------------|--------|
| \$B\$3 | y | 3 | 3 | Normal |
| \$C\$3 | x1 | 1 | 1 | Normal |
| \$D\$3 | x2 | 0 | 0 | Normal |

| Cell | Name | Original Value | Final Value | Type |
|--------|------|----------------|-------------|--------|
| \$E\$3 | x3 | 1 | 1 | Normal |
| \$F\$3 | x4 | 3 | 3 | Normal |
| \$G\$3 | x5 | 2 | 2 | Normal |
| \$H\$3 | x6 | 1 | 1 | Normal |
| \$I\$3 | x7 | 3 | 3 | Normal |
| \$J\$3 | x8 | 1 | 1 | Normal |
| \$K\$3 | x9 | 0 | 0 | Normal |
| \$L\$3 | x10 | 1 | 1 | Normal |
| \$M\$3 | x11 | 2 | 2 | Normal |
| \$N\$3 | x12 | 0 | 0 | Normal |
| \$O\$3 | x13 | 1 | 1 | Normal |
| \$P\$3 | x14 | 0 | 0 | Normal |
| \$Q\$3 | x15 | 1 | 1 | Normal |
| \$R\$3 | x16 | 1 | 1 | Normal |
| \$S\$3 | x17 | 1 | 1 | Normal |
| \$T\$3 | x18 | 2 | 2 | Normal |
| \$U\$3 | x19 | 2 | 2 | Normal |
| \$V\$3 | x20 | 3 | 3 | Normal |
| \$W\$3 | x21 | 0 | 0 | Normal |
| \$X\$3 | x22 | 3 | 3 | Normal |
| \$Y\$3 | x23 | 1 | 1 | Normal |
| \$Z\$3 | x24 | 0 | 0 | Normal |

| | | | | |
|---------|-----|---|---|--------|
| \$AA\$3 | x25 | 1 | 1 | Normal |
| \$AB\$3 | x26 | 2 | 2 | Normal |
| \$AC\$3 | x27 | 0 | 0 | Normal |
| \$AD\$3 | x28 | 3 | 3 | Normal |
| \$AE\$3 | x29 | 2 | 2 | Normal |
| \$AF\$3 | x30 | 1 | 1 | Normal |
| \$AG\$3 | x31 | 0 | 0 | Normal |
| \$AH\$3 | x32 | 3 | 3 | Normal |
| \$AI\$3 | x33 | 1 | 1 | Normal |
| \$AJ\$3 | x34 | 3 | 3 | Normal |
| \$AK\$3 | x35 | 0 | 0 | Normal |
| \$AL\$3 | x36 | 1 | 1 | Normal |
| \$AM\$3 | x37 | 1 | 1 | Normal |
| \$AN\$3 | x38 | 1 | 1 | Normal |
| \$AO\$3 | x39 | 0 | 0 | Normal |
| \$AP\$3 | x40 | 3 | 3 | Normal |
| \$AQ\$3 | x41 | 0 | 0 | Normal |
| \$AR\$3 | x42 | 3 | 3 | Normal |
| \$AS\$3 | x43 | 2 | 2 | Normal |
| \$AT\$3 | x44 | 0 | 0 | Normal |
| \$AU\$3 | x45 | 3 | 3 | Normal |
| \$AV\$3 | x46 | 1 | 1 | Normal |
| \$AW\$3 | x47 | 2 | 2 | Normal |
| \$AX\$3 | x48 | 1 | 1 | Normal |
| \$AY\$3 | x49 | 0 | 0 | Normal |
| \$AZ\$3 | x50 | 2 | 2 | Normal |
| \$BA\$3 | x51 | 3 | 3 | Normal |
| \$BB\$3 | x52 | 1 | 1 | Normal |
| \$BC\$3 | x53 | 2 | 2 | Normal |
| \$BD\$3 | x54 | 0 | 0 | Normal |
| \$BE\$3 | x55 | 0 | 0 | Normal |
| \$BF\$3 | x56 | 1 | 1 | Normal |
| \$BG\$3 | x57 | 3 | 3 | Normal |
| \$BH\$3 | x58 | 2 | 2 | Normal |
| \$BI\$3 | x59 | 0 | 0 | Normal |
| \$BJ\$3 | x60 | 1 | 1 | Normal |
| \$BK\$3 | x61 | 3 | 3 | Normal |
| \$BL\$3 | x62 | 1 | 1 | Normal |
| \$BM\$3 | x63 | 2 | 2 | Normal |
| \$BN\$3 | x64 | 0 | 0 | Normal |
| \$BO\$3 | x65 | 3 | 3 | Normal |
| \$BP\$3 | x66 | 1 | 1 | Normal |
| \$BQ\$3 | x67 | 2 | 2 | Normal |
| \$BR\$3 | x68 | 3 | 3 | Normal |
| \$BS\$3 | x69 | 0 | 0 | Normal |

| | | | | |
|---------|------|---|---|--------|
| \$BT\$3 | x70 | 0 | 0 | Normal |
| \$BU\$3 | x71 | 2 | 2 | Normal |
| \$BV\$3 | x72 | 1 | 1 | Normal |
| \$BW\$3 | x73 | 0 | 0 | Normal |
| \$BX\$3 | x74 | 1 | 1 | Normal |
| \$BY\$3 | x75 | 0 | 0 | Normal |
| \$BZ\$3 | x76 | 2 | 2 | Normal |
| \$CA\$3 | x77 | 2 | 2 | Normal |
| \$CB\$3 | x78 | 2 | 2 | Normal |
| \$CC\$3 | x79 | 2 | 2 | Normal |
| \$CD\$3 | x80 | 3 | 3 | Normal |
| \$CE\$3 | x81 | 2 | 2 | Normal |
| \$CF\$3 | x82 | 0 | 0 | Normal |
| \$CG\$3 | x83 | 1 | 1 | Normal |
| \$CH\$3 | x84 | 3 | 3 | Normal |
| \$CI\$3 | x85 | 0 | 0 | Normal |
| \$CJ\$3 | x86 | 1 | 1 | Normal |
| \$CK\$3 | x87 | 2 | 2 | Normal |
| \$CL\$3 | x88 | 0 | 0 | Normal |
| \$CM\$3 | x89 | 3 | 3 | Normal |
| \$CN\$3 | x90 | 2 | 2 | Normal |
| \$CO\$3 | x91 | 1 | 1 | Normal |
| \$CP\$3 | x92 | 0 | 0 | Normal |
| \$CQ\$3 | x93 | 2 | 2 | Normal |
| \$CR\$3 | x94 | 3 | 3 | Normal |
| \$CS\$3 | x95 | 2 | 2 | Normal |
| \$CT\$3 | x96 | 0 | 0 | Normal |
| \$CU\$3 | x97 | 2 | 2 | Normal |
| \$CV\$3 | x98 | 0 | 0 | Normal |
| \$CW\$3 | x99 | 1 | 1 | Normal |
| \$CX\$3 | x100 | 1 | 1 | Normal |
| \$CY\$3 | x101 | 0 | 0 | Normal |
| \$CZ\$3 | x102 | 1 | 1 | Normal |
| \$DA\$3 | x103 | 1 | 1 | Normal |
| \$DB\$3 | x104 | 0 | 0 | Normal |
| \$DC\$3 | x105 | 0 | 0 | Normal |
| \$DD\$3 | x106 | 2 | 2 | Normal |
| \$DE\$3 | x107 | 3 | 3 | Normal |
| \$DF\$3 | x108 | 3 | 3 | Normal |
| \$DG\$3 | x109 | 0 | 0 | Normal |
| \$DH\$3 | x110 | 0 | 0 | Normal |
| \$DI\$3 | x111 | 2 | 2 | Normal |
| \$DJ\$3 | x112 | 3 | 3 | Normal |
| \$DK\$3 | x113 | 2 | 2 | Normal |
| \$DL\$3 | x114 | 0 | 0 | Normal |

| | | | | |
|---------|-------|---|---|--------|
| \$DM\$3 | x115 | 1 | 1 | Normal |
| \$DN\$3 | x116 | 2 | 2 | Normal |
| \$DO\$3 | x117 | 0 | 0 | Normal |
| \$DP\$3 | x118 | 3 | 3 | Normal |
| \$DQ\$3 | x119 | 1 | 1 | Normal |
| \$DR\$3 | x120 | 2 | 2 | Normal |
| \$DS\$3 | x121 | 0 | 0 | Normal |
| \$DT\$3 | x122 | 2 | 2 | Normal |
| \$DU\$3 | x123 | 0 | 0 | Normal |
| \$DV\$3 | x124 | 2 | 2 | Normal |
| \$DW\$3 | x125 | 3 | 3 | Normal |
| \$DX\$3 | x126 | 0 | 0 | Normal |
| \$DY\$3 | x127 | 2 | 2 | Normal |
| \$DZ\$3 | d12 | 0 | 0 | Normal |
| \$EA\$3 | d23 | 1 | 1 | Normal |
| \$EB\$3 | d34 | 1 | 1 | Normal |
| \$EC\$3 | d45 | 0 | 0 | Normal |
| \$ED\$3 | d56 | 0 | 0 | Normal |
| \$EE\$3 | d5126 | 0 | 0 | Normal |
| \$EF\$3 | d67 | 1 | 1 | Normal |
| \$EG\$3 | d6126 | 0 | 0 | Normal |
| \$EH\$3 | d6127 | 1 | 1 | Normal |
| \$EI\$3 | d78 | 0 | 0 | Normal |
| \$EJ\$3 | d79 | 0 | 0 | Normal |
| \$EK\$3 | d7127 | 0 | 0 | Normal |
| \$EL\$3 | d89 | 0 | 0 | Normal |
| \$EM\$3 | d832 | 1 | 1 | Normal |
| \$EN\$3 | d8127 | 1 | 1 | Normal |
| \$EO\$3 | d910 | 1 | 1 | Normal |
| \$EP\$3 | d932 | 1 | 1 | Normal |
| \$EQ\$3 | d1011 | 1 | 1 | Normal |
| \$ER\$3 | d1031 | 0 | 0 | Normal |
| \$ES\$3 | d1112 | 0 | 0 | Normal |
| \$ET\$3 | d1130 | 0 | 0 | Normal |
| \$EU\$3 | d1131 | 0 | 0 | Normal |
| \$EV\$3 | d1213 | 1 | 1 | Normal |
| \$EW\$3 | d1229 | 1 | 1 | Normal |
| \$EX\$3 | d1230 | 1 | 1 | Normal |
| \$EY\$3 | d1314 | 0 | 0 | Normal |
| \$EZ\$3 | d1415 | 1 | 1 | Normal |
| \$FA\$3 | d1416 | 1 | 1 | Normal |
| \$FB\$3 | d1417 | 1 | 1 | Normal |
| \$FC\$3 | d1418 | 1 | 1 | Normal |
| \$FD\$3 | d1419 | 1 | 1 | Normal |
| \$FE\$3 | d1428 | 1 | 1 | Normal |

| | | | | |
|---------|--------|---|---|--------|
| \$FF\$3 | d1429 | 1 | 1 | Normal |
| \$FG\$3 | d1519 | 1 | 1 | Normal |
| \$FH\$3 | d1520 | 1 | 1 | Normal |
| \$FI\$3 | d1621 | 0 | 0 | Normal |
| \$FJ\$3 | d1718 | 1 | 1 | Normal |
| \$FK\$3 | d1721 | 0 | 0 | Normal |
| \$FL\$3 | d1722 | 1 | 1 | Normal |
| \$FM\$3 | d1822 | 1 | 1 | Normal |
| \$FN\$3 | d1920 | 1 | 1 | Normal |
| \$FO\$3 | d1925 | 0 | 0 | Normal |
| \$FP\$3 | d1927 | 0 | 0 | Normal |
| \$FQ\$3 | d2021 | 0 | 0 | Normal |
| \$FR\$3 | d2122 | 1 | 1 | Normal |
| \$FS\$3 | d2223 | 0 | 0 | Normal |
| \$FT\$3 | d2224 | 0 | 0 | Normal |
| \$FU\$3 | d2324 | 0 | 0 | Normal |
| \$FV\$3 | d2526 | 1 | 1 | Normal |
| \$FW\$3 | d2527 | 0 | 0 | Normal |
| \$FX\$3 | d2627 | 0 | 0 | Normal |
| \$FY\$3 | d2648 | 0 | 0 | Normal |
| \$FZ\$3 | d2728 | 1 | 1 | Normal |
| \$GA\$3 | d2745 | 1 | 1 | Normal |
| \$GB\$3 | d2829 | 0 | 0 | Normal |
| \$GC\$3 | d2841 | 0 | 0 | Normal |
| \$GD\$3 | d2843 | 0 | 0 | Normal |
| \$GE\$3 | d2844 | 0 | 0 | Normal |
| \$GF\$3 | d2930 | 0 | 0 | Normal |
| \$GG\$3 | d2935 | 0 | 0 | Normal |
| \$GH\$3 | d2936 | 0 | 0 | Normal |
| \$GI\$3 | d2940 | 1 | 1 | Normal |
| \$GJ\$3 | d2941 | 0 | 0 | Normal |
| \$GK\$3 | d3031 | 0 | 0 | Normal |
| \$GL\$3 | d3035 | 0 | 0 | Normal |
| \$GM\$3 | d3132 | 1 | 1 | Normal |
| \$GN\$3 | d3133 | 1 | 1 | Normal |
| \$GO\$3 | d3134 | 1 | 1 | Normal |
| \$GP\$3 | d3238 | 0 | 0 | Normal |
| \$GQ\$3 | d32127 | 0 | 0 | Normal |
| \$GR\$3 | d3334 | 1 | 1 | Normal |
| \$GS\$3 | d3435 | 0 | 0 | Normal |
| \$GT\$3 | d3436 | 0 | 0 | Normal |
| \$GU\$3 | d3437 | 0 | 0 | Normal |
| \$GV\$3 | d3438 | 0 | 0 | Normal |
| \$GW\$3 | d3481 | 0 | 0 | Normal |
| \$GX\$3 | d3536 | 1 | 1 | Normal |

| | | | | |
|---------|--------|---|---|--------|
| \$GY\$3 | d3640 | 1 | 1 | Normal |
| \$GZ\$3 | d3739 | 0 | 0 | Normal |
| \$HA\$3 | d3740 | 1 | 1 | Normal |
| \$HB\$3 | d3742 | 1 | 1 | Normal |
| \$HC\$3 | d3781 | 1 | 1 | Normal |
| \$HD\$3 | d3881 | 1 | 1 | Normal |
| \$HE\$3 | d3882 | 0 | 0 | Normal |
| \$HF\$3 | d38127 | 1 | 1 | Normal |
| \$HG\$3 | d3940 | 1 | 1 | Normal |
| \$HH\$3 | d4041 | 0 | 0 | Normal |
| \$HI\$3 | d4142 | 1 | 1 | Normal |
| \$HJ\$3 | d4143 | 1 | 1 | Normal |
| \$HK\$3 | d4243 | 0 | 0 | Normal |
| \$HL\$3 | d4272 | 0 | 0 | Normal |
| \$HM\$3 | d4281 | 0 | 0 | Normal |
| \$HN\$3 | d4344 | 0 | 0 | Normal |
| \$HO\$3 | d4372 | 0 | 0 | Normal |
| \$HP\$3 | d4445 | 1 | 1 | Normal |
| \$HQ\$3 | d4446 | 1 | 1 | Normal |
| \$HR\$3 | d4471 | 1 | 1 | Normal |
| \$HS\$3 | d4472 | 1 | 1 | Normal |
| \$HT\$3 | d4546 | 0 | 0 | Normal |
| \$HU\$3 | d4547 | 0 | 0 | Normal |
| \$HV\$3 | d4548 | 0 | 0 | Normal |
| \$HW\$3 | d4647 | 1 | 1 | Normal |
| \$HX\$3 | d4669 | 0 | 0 | Normal |
| \$HY\$3 | d4670 | 0 | 0 | Normal |
| \$HZ\$3 | d4748 | 0 | 0 | Normal |
| \$IA\$3 | d4755 | 0 | 0 | Normal |
| \$IB\$3 | d4769 | 0 | 0 | Normal |
| \$IC\$3 | d4849 | 0 | 0 | Normal |
| \$ID\$3 | d4850 | 1 | 1 | Normal |
| \$IE\$3 | d4855 | 0 | 0 | Normal |
| \$IF\$3 | d4868 | 1 | 1 | Normal |
| \$IG\$3 | d4950 | 1 | 1 | Normal |
| \$IH\$3 | d4951 | 1 | 1 | Normal |
| \$II\$3 | d4952 | 1 | 1 | Normal |
| \$IJ\$3 | d4953 | 1 | 1 | Normal |
| \$IK\$3 | d5051 | 1 | 1 | Normal |
| \$IL\$3 | d5052 | 0 | 0 | Normal |
| \$IM\$3 | d5054 | 0 | 0 | Normal |
| \$IN\$3 | d5152 | 0 | 0 | Normal |
| \$IO\$3 | d5153 | 0 | 0 | Normal |
| \$IP\$3 | d5154 | 0 | 0 | Normal |
| \$IQ\$3 | d5253 | 1 | 1 | Normal |

| | | | | |
|---------|-------|---|---|--------|
| \$IR\$3 | d5254 | 0 | 0 | Normal |
| \$IS\$3 | d5354 | 0 | 0 | Normal |
| \$IT\$3 | d5556 | 1 | 1 | Normal |
| \$IU\$3 | d5557 | 1 | 1 | Normal |
| \$IV\$3 | d5562 | 1 | 1 | Normal |
| \$IW\$3 | d5563 | 1 | 1 | Normal |
| \$IX\$3 | d5568 | 1 | 1 | Normal |
| \$IY\$3 | d5590 | 1 | 1 | Normal |
| \$IZ\$3 | d5657 | 1 | 1 | Normal |
| \$JA\$3 | d5658 | 1 | 1 | Normal |
| \$JB\$3 | d5659 | 0 | 0 | Normal |
| \$JC\$3 | d5661 | 1 | 1 | Normal |
| \$JD\$3 | d5758 | 0 | 0 | Normal |
| \$JE\$3 | d5759 | 0 | 0 | Normal |
| \$JF\$3 | d5760 | 0 | 0 | Normal |
| \$JG\$3 | d5859 | 0 | 0 | Normal |
| \$JH\$3 | d5860 | 0 | 0 | Normal |
| \$JI\$3 | d5861 | 1 | 1 | Normal |
| \$JJ\$3 | d5960 | 1 | 1 | Normal |
| \$JK\$3 | d5961 | 1 | 1 | Normal |
| \$JL\$3 | d6061 | 1 | 1 | Normal |
| \$JM\$3 | d6263 | 1 | 1 | Normal |
| \$JN\$3 | d6264 | 0 | 0 | Normal |
| \$JO\$3 | d6265 | 1 | 1 | Normal |
| \$JP\$3 | d6267 | 1 | 1 | Normal |
| \$JQ\$3 | d6364 | 0 | 0 | Normal |
| \$JR\$3 | d6365 | 1 | 1 | Normal |
| \$JS\$3 | d6366 | 0 | 0 | Normal |
| \$JT\$3 | d6465 | 1 | 1 | Normal |
| \$JU\$3 | d6466 | 1 | 1 | Normal |
| \$JV\$3 | d6467 | 1 | 1 | Normal |
| \$JW\$3 | d6566 | 0 | 0 | Normal |
| \$JX\$3 | d6567 | 0 | 0 | Normal |
| \$JY\$3 | d6667 | 1 | 1 | Normal |
| \$JZ\$3 | d6869 | 0 | 0 | Normal |
| \$KA\$3 | d6875 | 0 | 0 | Normal |
| \$KB\$3 | d6876 | 0 | 0 | Normal |
| \$KC\$3 | d6890 | 0 | 0 | Normal |
| \$KD\$3 | d7074 | 1 | 1 | Normal |
| \$KE\$3 | d7173 | 0 | 0 | Normal |
| \$KF\$3 | d7273 | 0 | 0 | Normal |
| \$KG\$3 | d7280 | 1 | 1 | Normal |
| \$KH\$3 | d7281 | 1 | 1 | Normal |
| \$KI\$3 | d7374 | 1 | 1 | Normal |
| \$KJ\$3 | d7379 | 1 | 1 | Normal |

| | | | | |
|---------|--------|---|---|--------|
| \$KK\$3 | d7475 | 0 | 0 | Normal |
| \$KL\$3 | d7478 | 1 | 1 | Normal |
| \$KM\$3 | d7576 | 1 | 1 | Normal |
| \$KN\$3 | d7577 | 1 | 1 | Normal |
| \$KO\$3 | d7688 | 0 | 0 | Normal |
| \$KP\$3 | d7786 | 0 | 0 | Normal |
| \$KQ\$3 | d7885 | 0 | 0 | Normal |
| \$KR\$3 | d7980 | 1 | 1 | Normal |
| \$KS\$3 | d7985 | 0 | 0 | Normal |
| \$KT\$3 | d8081 | 0 | 0 | Normal |
| \$KU\$3 | d8083 | 0 | 0 | Normal |
| \$KV\$3 | d8182 | 0 | 0 | Normal |
| \$KW\$3 | d8183 | 0 | 0 | Normal |
| \$KX\$3 | d8283 | 1 | 1 | Normal |
| \$KY\$3 | d8284 | 1 | 1 | Normal |
| \$KZ\$3 | d82122 | 1 | 1 | Normal |
| \$LA\$3 | d8384 | 1 | 1 | Normal |
| \$LB\$3 | d8485 | 0 | 0 | Normal |
| \$LC\$3 | d8487 | 0 | 0 | Normal |
| \$LD\$3 | d84121 | 0 | 0 | Normal |
| \$LE\$3 | d84122 | 0 | 0 | Normal |
| \$LF\$3 | d8586 | 1 | 1 | Normal |
| \$LG\$3 | d8587 | 1 | 1 | Normal |
| \$LH\$3 | d8687 | 1 | 1 | Normal |
| \$LI\$3 | d8688 | 0 | 0 | Normal |
| \$LJ\$3 | d8788 | 0 | 0 | Normal |
| \$LK\$3 | d8789 | 1 | 1 | Normal |
| \$LL\$3 | d87121 | 0 | 0 | Normal |
| \$LM\$3 | d8889 | 1 | 1 | Normal |
| \$LN\$3 | d8890 | 1 | 1 | Normal |
| \$LO\$3 | d8990 | 0 | 0 | Normal |
| \$LP\$3 | d8992 | 0 | 0 | Normal |
| \$LQ\$3 | d89120 | 0 | 0 | Normal |
| \$LR\$3 | d89121 | 0 | 0 | Normal |
| \$LS\$3 | d9091 | 0 | 0 | Normal |
| \$LT\$3 | d9092 | 0 | 0 | Normal |
| \$LU\$3 | d9192 | 0 | 0 | Normal |
| \$LV\$3 | d9193 | 1 | 1 | Normal |
| \$LW\$3 | d9293 | 1 | 1 | Normal |
| \$LX\$3 | d92119 | 1 | 1 | Normal |
| \$LY\$3 | d92120 | 1 | 1 | Normal |
| \$LZ\$3 | d9394 | 1 | 1 | Normal |
| \$MA\$3 | d9396 | 0 | 0 | Normal |
| \$MB\$3 | d93100 | 0 | 0 | Normal |
| \$MC\$3 | d93119 | 0 | 0 | Normal |

| | | | | |
|---------|---------|---|---|--------|
| \$MD\$3 | d9495 | 0 | 0 | Normal |
| \$ME\$3 | d9497 | 0 | 0 | Normal |
| \$MF\$3 | d94119 | 0 | 0 | Normal |
| \$MG\$3 | d9598 | 0 | 0 | Normal |
| \$MH\$3 | d95119 | 0 | 0 | Normal |
| \$MI\$3 | d9697 | 1 | 1 | Normal |
| \$MJ\$3 | d9699 | 1 | 1 | Normal |
| \$MK\$3 | d96100 | 1 | 1 | Normal |
| \$ML\$3 | d9798 | 0 | 0 | Normal |
| \$MM\$3 | d9799 | 0 | 0 | Normal |
| \$MN\$3 | d9899 | 1 | 1 | Normal |
| \$MO\$3 | d99101 | 0 | 0 | Normal |
| \$MP\$3 | d99104 | 0 | 0 | Normal |
| \$MQ\$3 | d100101 | 0 | 0 | Normal |
| \$MR\$3 | d101102 | 1 | 1 | Normal |
| \$MS\$3 | d103104 | 0 | 0 | Normal |
| \$MT\$3 | d103105 | 0 | 0 | Normal |
| \$MU\$3 | d103106 | 1 | 1 | Normal |
| \$MV\$3 | d104106 | 1 | 1 | Normal |
| \$MW\$3 | d104107 | 1 | 1 | Normal |
| \$MX\$3 | d107111 | 0 | 0 | Normal |
| \$MY\$3 | d108109 | 0 | 0 | Normal |
| \$MZ\$3 | d108111 | 0 | 0 | Normal |
| \$NA\$3 | d109111 | 1 | 1 | Normal |
| \$NB\$3 | d110111 | 1 | 1 | Normal |
| \$NC\$3 | d110112 | 1 | 1 | Normal |
| \$ND\$3 | d111112 | 1 | 1 | Normal |
| \$NE\$3 | d111115 | 0 | 0 | Normal |
| \$NF\$3 | d112115 | 0 | 0 | Normal |
| \$NG\$3 | d113114 | 0 | 0 | Normal |
| \$NH\$3 | d113115 | 0 | 0 | Normal |
| \$NI\$3 | d115116 | 1 | 1 | Normal |
| \$NJ\$3 | d115118 | 1 | 1 | Normal |
| \$NK\$3 | d115121 | 0 | 0 | Normal |
| \$NL\$3 | d116117 | 0 | 0 | Normal |
| \$NM\$3 | d118119 | 0 | 0 | Normal |
| \$NN\$3 | d118120 | 0 | 0 | Normal |
| \$NO\$3 | d119120 | 1 | 1 | Normal |
| \$NP\$3 | d120121 | 0 | 0 | Normal |
| \$NQ\$3 | d121122 | 1 | 1 | Normal |
| \$NR\$3 | d122123 | 0 | 0 | Normal |
| \$NS\$3 | d123124 | 1 | 1 | Normal |
| \$NT\$3 | d123125 | 1 | 1 | Normal |
| \$NU\$3 | d123127 | 1 | 1 | Normal |
| \$NV\$3 | d124125 | 1 | 1 | Normal |

| | | | | |
|---------|---------|---|---|--------|
| \$NW\$3 | d124126 | 0 | 0 | Normal |
| \$NX\$3 | d125126 | 0 | 0 | Normal |
| \$NY\$3 | d125127 | 0 | 0 | Normal |
| \$NZ\$3 | d126127 | 1 | 1 | Normal |

Constraints

| Cell | Name | Cell Value | Formula | Status | Slack |
|-----------|------|------------|----------------------|-------------|-------|
| \$OA\$132 | | 1 | \$OA\$132>=\$OC\$132 | Binding | 0 |
| \$OA\$133 | | 126 | \$OA\$133>=\$OC\$133 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$134 | | 125 | \$OA\$134>=\$OC\$134 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$135 | | 1 | \$OA\$135>=\$OC\$135 | Binding | 0 |
| \$OA\$136 | | 1 | \$OA\$136>=\$OC\$136 | Binding | 0 |
| \$OA\$137 | | 2 | \$OA\$137>=\$OC\$137 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$138 | | 125 | \$OA\$138>=\$OC\$138 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$139 | | 1 | \$OA\$139>=\$OC\$139 | Binding | 0 |
| \$OA\$140 | | 126 | \$OA\$140>=\$OC\$140 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$141 | | 2 | \$OA\$141>=\$OC\$141 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$142 | | 3 | \$OA\$142>=\$OC\$142 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$143 | | 1 | \$OA\$143>=\$OC\$143 | Binding | 0 |
| \$OA\$144 | | 1 | \$OA\$144>=\$OC\$144 | Binding | 0 |
| \$OA\$145 | | 125 | \$OA\$145>=\$OC\$145 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$146 | | 126 | \$OA\$146>=\$OC\$146 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$147 | | 126 | \$OA\$147>=\$OC\$147 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$148 | | 124 | \$OA\$148>=\$OC\$148 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$149 | | 126 | \$OA\$149>=\$OC\$149 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$150 | | 1 | \$OA\$150>=\$OC\$150 | Binding | 0 |
| \$OA\$151 | | 2 | \$OA\$151>=\$OC\$151 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$152 | | 1 | \$OA\$152>=\$OC\$152 | Binding | 0 |
| \$OA\$153 | | 2 | \$OA\$153>=\$OC\$153 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$154 | | 126 | \$OA\$154>=\$OC\$154 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$155 | | 125 | \$OA\$155>=\$OC\$155 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$156 | | 126 | \$OA\$156>=\$OC\$156 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$157 | | 1 | \$OA\$157>=\$OC\$157 | Binding | 0 |
| \$OA\$158 | | 126 | \$OA\$158>=\$OC\$158 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$159 | | 126 | \$OA\$159>=\$OC\$159 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$160 | | 126 | \$OA\$160>=\$OC\$160 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$161 | | 125 | \$OA\$161>=\$OC\$161 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$162 | | 125 | \$OA\$162>=\$OC\$162 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$163 | | 124 | \$OA\$163>=\$OC\$163 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$164 | | 125 | \$OA\$164>=\$OC\$164 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$165 | | 126 | \$OA\$165>=\$OC\$165 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$166 | | 125 | \$OA\$166>=\$OC\$166 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$167 | | 1 | \$OA\$167>=\$OC\$167 | Binding | 0 |
| \$OA\$168 | | 126 | \$OA\$168>=\$OC\$168 | Not Binding | 125 |

| | | | | |
|-----------|-----|----------------------|-------------|-----|
| \$OA\$169 | 1 | \$OA\$169>=\$OC\$169 | Binding | 0 |
| \$OA\$170 | 125 | \$OA\$170>=\$OC\$170 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$171 | 126 | \$OA\$171>=\$OC\$171 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$172 | 126 | \$OA\$172>=\$OC\$172 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$173 | 1 | \$OA\$173>=\$OC\$173 | Binding | 0 |
| \$OA\$174 | 2 | \$OA\$174>=\$OC\$174 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$175 | 3 | \$OA\$175>=\$OC\$175 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$176 | 124 | \$OA\$176>=\$OC\$176 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$177 | 2 | \$OA\$177>=\$OC\$177 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$178 | 3 | \$OA\$178>=\$OC\$178 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$179 | 1 | \$OA\$179>=\$OC\$179 | Binding | 0 |
| \$OA\$180 | 126 | \$OA\$180>=\$OC\$180 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$181 | 1 | \$OA\$181>=\$OC\$181 | Binding | 0 |
| \$OA\$182 | 2 | \$OA\$182>=\$OC\$182 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$183 | 1 | \$OA\$183>=\$OC\$183 | Binding | 0 |
| \$OA\$184 | 124 | \$OA\$184>=\$OC\$184 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$185 | 124 | \$OA\$185>=\$OC\$185 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$186 | 1 | \$OA\$186>=\$OC\$186 | Binding | 0 |
| \$OA\$187 | 3 | \$OA\$187>=\$OC\$187 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$188 | 1 | \$OA\$188>=\$OC\$188 | Binding | 0 |
| \$OA\$189 | 3 | \$OA\$189>=\$OC\$189 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$190 | 1 | \$OA\$190>=\$OC\$190 | Binding | 0 |
| \$OA\$191 | 2 | \$OA\$191>=\$OC\$191 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$192 | 1 | \$OA\$192>=\$OC\$192 | Binding | 0 |
| \$OA\$193 | 126 | \$OA\$193>=\$OC\$193 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$194 | 2 | \$OA\$194>=\$OC\$194 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$195 | 1 | \$OA\$195>=\$OC\$195 | Binding | 0 |
| \$OA\$196 | 1 | \$OA\$196>=\$OC\$196 | Binding | 0 |
| \$OA\$197 | 124 | \$OA\$197>=\$OC\$197 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$198 | 126 | \$OA\$198>=\$OC\$198 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$199 | 124 | \$OA\$199>=\$OC\$199 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$200 | 2 | \$OA\$200>=\$OC\$200 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$201 | 1 | \$OA\$201>=\$OC\$201 | Binding | 0 |
| \$OA\$202 | 125 | \$OA\$202>=\$OC\$202 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$203 | 3 | \$OA\$203>=\$OC\$203 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$204 | 2 | \$OA\$204>=\$OC\$204 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$205 | 2 | \$OA\$205>=\$OC\$205 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$206 | 2 | \$OA\$206>=\$OC\$206 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$207 | 1 | \$OA\$207>=\$OC\$207 | Binding | 0 |
| \$OA\$208 | 126 | \$OA\$208>=\$OC\$208 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$209 | 125 | \$OA\$209>=\$OC\$209 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$210 | 1 | \$OA\$210>=\$OC\$210 | Binding | 0 |
| \$OA\$211 | 125 | \$OA\$211>=\$OC\$211 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$212 | 125 | \$OA\$212>=\$OC\$212 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$213 | 126 | \$OA\$213>=\$OC\$213 | Not Binding | 125 |

| | | | | |
|-----------|-----|----------------------|-------------|-----|
| \$OA\$214 | 126 | \$OA\$214>=\$OC\$214 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$215 | 1 | \$OA\$215>=\$OC\$215 | Binding | 0 |
| \$OA\$216 | 126 | \$OA\$216>=\$OC\$216 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$217 | 124 | \$OA\$217>=\$OC\$217 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$218 | 3 | \$OA\$218>=\$OC\$218 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$219 | 124 | \$OA\$219>=\$OC\$219 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$220 | 125 | \$OA\$220>=\$OC\$220 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$221 | 1 | \$OA\$221>=\$OC\$221 | Binding | 0 |
| \$OA\$222 | 2 | \$OA\$222>=\$OC\$222 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$223 | 1 | \$OA\$223>=\$OC\$223 | Binding | 0 |
| \$OA\$224 | 2 | \$OA\$224>=\$OC\$224 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$225 | 1 | \$OA\$225>=\$OC\$225 | Binding | 0 |
| \$OA\$226 | 124 | \$OA\$226>=\$OC\$226 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$227 | 126 | \$OA\$227>=\$OC\$227 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$228 | 125 | \$OA\$228>=\$OC\$228 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$229 | 126 | \$OA\$229>=\$OC\$229 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$230 | 2 | \$OA\$230>=\$OC\$230 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$231 | 1 | \$OA\$231>=\$OC\$231 | Binding | 0 |
| \$OA\$232 | 2 | \$OA\$232>=\$OC\$232 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$233 | 126 | \$OA\$233>=\$OC\$233 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$234 | 1 | \$OA\$234>=\$OC\$234 | Binding | 0 |
| \$OA\$235 | 1 | \$OA\$235>=\$OC\$235 | Binding | 0 |
| \$OA\$236 | 1 | \$OA\$236>=\$OC\$236 | Binding | 0 |
| \$OA\$237 | 2 | \$OA\$237>=\$OC\$237 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$238 | 2 | \$OA\$238>=\$OC\$238 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$239 | 1 | \$OA\$239>=\$OC\$239 | Binding | 0 |
| \$OA\$240 | 126 | \$OA\$240>=\$OC\$240 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$241 | 1 | \$OA\$241>=\$OC\$241 | Binding | 0 |
| \$OA\$242 | 125 | \$OA\$242>=\$OC\$242 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$243 | 125 | \$OA\$243>=\$OC\$243 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$244 | 124 | \$OA\$244>=\$OC\$244 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$245 | 126 | \$OA\$245>=\$OC\$245 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$246 | 125 | \$OA\$246>=\$OC\$246 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$247 | 126 | \$OA\$247>=\$OC\$247 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$248 | 1 | \$OA\$248>=\$OC\$248 | Binding | 0 |
| \$OA\$249 | 2 | \$OA\$249>=\$OC\$249 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$250 | 2 | \$OA\$250>=\$OC\$250 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$251 | 1 | \$OA\$251>=\$OC\$251 | Binding | 0 |
| \$OA\$252 | 3 | \$OA\$252>=\$OC\$252 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$253 | 126 | \$OA\$253>=\$OC\$253 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$254 | 1 | \$OA\$254>=\$OC\$254 | Binding | 0 |
| \$OA\$255 | 2 | \$OA\$255>=\$OC\$255 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$256 | 126 | \$OA\$256>=\$OC\$256 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$257 | 124 | \$OA\$257>=\$OC\$257 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$258 | 126 | \$OA\$258>=\$OC\$258 | Not Binding | 125 |

| | | | | |
|-----------|-----|----------------------|-------------|-----|
| \$OA\$259 | 125 | \$OA\$259>=\$OC\$259 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$260 | 124 | \$OA\$260>=\$OC\$260 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$261 | 125 | \$OA\$261>=\$OC\$261 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$262 | 125 | \$OA\$262>=\$OC\$262 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$263 | 126 | \$OA\$263>=\$OC\$263 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$264 | 1 | \$OA\$264>=\$OC\$264 | Binding | 0 |
| \$OA\$265 | 125 | \$OA\$265>=\$OC\$265 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$266 | 1 | \$OA\$266>=\$OC\$266 | Binding | 0 |
| \$OA\$267 | 3 | \$OA\$267>=\$OC\$267 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$268 | 2 | \$OA\$268>=\$OC\$268 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$269 | 2 | \$OA\$269>=\$OC\$269 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$270 | 1 | \$OA\$270>=\$OC\$270 | Binding | 0 |
| \$OA\$271 | 126 | \$OA\$271>=\$OC\$271 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$272 | 126 | \$OA\$272>=\$OC\$272 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$273 | 124 | \$OA\$273>=\$OC\$273 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$274 | 125 | \$OA\$274>=\$OC\$274 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$275 | 126 | \$OA\$275>=\$OC\$275 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$276 | 1 | \$OA\$276>=\$OC\$276 | Binding | 0 |
| \$OA\$277 | 125 | \$OA\$277>=\$OC\$277 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$278 | 126 | \$OA\$278>=\$OC\$278 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$279 | 2 | \$OA\$279>=\$OC\$279 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$280 | 126 | \$OA\$280>=\$OC\$280 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$281 | 1 | \$OA\$281>=\$OC\$281 | Binding | 0 |
| \$OA\$282 | 124 | \$OA\$282>=\$OC\$282 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$283 | 126 | \$OA\$283>=\$OC\$283 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$284 | 125 | \$OA\$284>=\$OC\$284 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$285 | 2 | \$OA\$285>=\$OC\$285 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$286 | 1 | \$OA\$286>=\$OC\$286 | Binding | 0 |
| \$OA\$287 | 126 | \$OA\$287>=\$OC\$287 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$288 | 3 | \$OA\$288>=\$OC\$288 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$289 | 3 | \$OA\$289>=\$OC\$289 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$290 | 1 | \$OA\$290>=\$OC\$290 | Binding | 0 |
| \$OA\$291 | 1 | \$OA\$291>=\$OC\$291 | Binding | 0 |
| \$OA\$292 | 126 | \$OA\$292>=\$OC\$292 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$293 | 2 | \$OA\$293>=\$OC\$293 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$294 | 1 | \$OA\$294>=\$OC\$294 | Binding | 0 |
| \$OA\$295 | 125 | \$OA\$295>=\$OC\$295 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$296 | 126 | \$OA\$296>=\$OC\$296 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$297 | 126 | \$OA\$297>=\$OC\$297 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$298 | 125 | \$OA\$298>=\$OC\$298 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$299 | 1 | \$OA\$299>=\$OC\$299 | Binding | 0 |
| \$OA\$300 | 126 | \$OA\$300>=\$OC\$300 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$301 | 125 | \$OA\$301>=\$OC\$301 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$302 | 125 | \$OA\$302>=\$OC\$302 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$303 | 2 | \$OA\$303>=\$OC\$303 | Not Binding | 1 |

| | | | | |
|-----------|-----|----------------------|-------------|-----|
| \$OA\$304 | 1 | \$OA\$304>=\$OC\$304 | Binding | 0 |
| \$OA\$305 | 2 | \$OA\$305>=\$OC\$305 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$306 | 126 | \$OA\$306>=\$OC\$306 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$307 | 2 | \$OA\$307>=\$OC\$307 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$308 | 1 | \$OA\$308>=\$OC\$308 | Binding | 0 |
| \$OA\$309 | 2 | \$OA\$309>=\$OC\$309 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$310 | 2 | \$OA\$310>=\$OC\$310 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$311 | 1 | \$OA\$311>=\$OC\$311 | Binding | 0 |
| \$OA\$312 | 126 | \$OA\$312>=\$OC\$312 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$313 | 124 | \$OA\$313>=\$OC\$313 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$314 | 125 | \$OA\$314>=\$OC\$314 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$315 | 125 | \$OA\$315>=\$OC\$315 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$316 | 3 | \$OA\$316>=\$OC\$316 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$317 | 1 | \$OA\$317>=\$OC\$317 | Binding | 0 |
| \$OA\$318 | 3 | \$OA\$318>=\$OC\$318 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$319 | 1 | \$OA\$319>=\$OC\$319 | Binding | 0 |
| \$OA\$320 | 126 | \$OA\$320>=\$OC\$320 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$321 | 125 | \$OA\$321>=\$OC\$321 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$322 | 126 | \$OA\$322>=\$OC\$322 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$323 | 1 | \$OA\$323>=\$OC\$323 | Binding | 0 |
| \$OA\$324 | 2 | \$OA\$324>=\$OC\$324 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$325 | 126 | \$OA\$325>=\$OC\$325 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$326 | 2 | \$OA\$326>=\$OC\$326 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$327 | 124 | \$OA\$327>=\$OC\$327 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$328 | 125 | \$OA\$328>=\$OC\$328 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$329 | 1 | \$OA\$329>=\$OC\$329 | Binding | 0 |
| \$OA\$330 | 3 | \$OA\$330>=\$OC\$330 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$331 | 1 | \$OA\$331>=\$OC\$331 | Binding | 0 |
| \$OA\$332 | 3 | \$OA\$332>=\$OC\$332 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$333 | 1 | \$OA\$333>=\$OC\$333 | Binding | 0 |
| \$OA\$334 | 2 | \$OA\$334>=\$OC\$334 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$335 | 1 | \$OA\$335>=\$OC\$335 | Binding | 0 |
| \$OA\$336 | 126 | \$OA\$336>=\$OC\$336 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$337 | 125 | \$OA\$337>=\$OC\$337 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$338 | 126 | \$OA\$338>=\$OC\$338 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$339 | 125 | \$OA\$339>=\$OC\$339 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$340 | 126 | \$OA\$340>=\$OC\$340 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$341 | 2 | \$OA\$341>=\$OC\$341 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$342 | 1 | \$OA\$342>=\$OC\$342 | Binding | 0 |
| \$OA\$343 | 1 | \$OA\$343>=\$OC\$343 | Binding | 0 |
| \$OA\$344 | 1 | \$OA\$344>=\$OC\$344 | Binding | 0 |
| \$OA\$345 | 1 | \$OA\$345>=\$OC\$345 | Binding | 0 |
| \$OA\$346 | 2 | \$OA\$346>=\$OC\$346 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$347 | 2 | \$OA\$347>=\$OC\$347 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$348 | 1 | \$OA\$348>=\$OC\$348 | Binding | 0 |

| | | | | |
|-----------|-----|----------------------|-------------|-----|
| \$OA\$349 | 125 | \$OA\$349>=\$OC\$349 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$350 | 126 | \$OA\$350>=\$OC\$350 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$351 | 126 | \$OA\$351>=\$OC\$351 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$352 | 2 | \$OA\$352>=\$OC\$352 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$353 | 1 | \$OA\$353>=\$OC\$353 | Binding | 0 |
| \$OA\$354 | 126 | \$OA\$354>=\$OC\$354 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$355 | 1 | \$OA\$355>=\$OC\$355 | Binding | 0 |
| \$OA\$356 | 1 | \$OA\$356>=\$OC\$356 | Binding | 0 |
| \$OA\$357 | 1 | \$OA\$357>=\$OC\$357 | Binding | 0 |
| \$OA\$358 | 126 | \$OA\$358>=\$OC\$358 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$359 | 1 | \$OA\$359>=\$OC\$359 | Binding | 0 |
| \$OA\$360 | 1 | \$OA\$360>=\$OC\$360 | Binding | 0 |
| \$OA\$361 | 126 | \$OA\$361>=\$OC\$361 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$362 | 125 | \$OA\$362>=\$OC\$362 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$363 | 124 | \$OA\$363>=\$OC\$363 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$364 | 1 | \$OA\$364>=\$OC\$364 | Binding | 0 |
| \$OA\$365 | 3 | \$OA\$365>=\$OC\$365 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$366 | 1 | \$OA\$366>=\$OC\$366 | Binding | 0 |
| \$OA\$367 | 125 | \$OA\$367>=\$OC\$367 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$368 | 125 | \$OA\$368>=\$OC\$368 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$369 | 124 | \$OA\$369>=\$OC\$369 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$370 | 126 | \$OA\$370>=\$OC\$370 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$371 | 1 | \$OA\$371>=\$OC\$371 | Binding | 0 |
| \$OA\$372 | 2 | \$OA\$372>=\$OC\$372 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$373 | 2 | \$OA\$373>=\$OC\$373 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$374 | 1 | \$OA\$374>=\$OC\$374 | Binding | 0 |
| \$OA\$375 | 126 | \$OA\$375>=\$OC\$375 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$376 | 125 | \$OA\$376>=\$OC\$376 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$377 | 1 | \$OA\$377>=\$OC\$377 | Binding | 0 |
| \$OA\$378 | 2 | \$OA\$378>=\$OC\$378 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$379 | 2 | \$OA\$379>=\$OC\$379 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$380 | 1 | \$OA\$380>=\$OC\$380 | Binding | 0 |
| \$OA\$381 | 126 | \$OA\$381>=\$OC\$381 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$382 | 2 | \$OA\$382>=\$OC\$382 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$383 | 125 | \$OA\$383>=\$OC\$383 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$384 | 2 | \$OA\$384>=\$OC\$384 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$385 | 125 | \$OA\$385>=\$OC\$385 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$386 | 124 | \$OA\$386>=\$OC\$386 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$387 | 125 | \$OA\$387>=\$OC\$387 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$388 | 126 | \$OA\$388>=\$OC\$388 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$389 | 2 | \$OA\$389>=\$OC\$389 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$390 | 3 | \$OA\$390>=\$OC\$390 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$391 | 1 | \$OA\$391>=\$OC\$391 | Binding | 0 |
| \$OA\$392 | 125 | \$OA\$392>=\$OC\$392 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$393 | -1 | \$OA\$393>=\$OC\$393 | Not Binding | 125 |

| | | | | |
|-----------|------|----------------------|-------------|-----|
| \$OA\$394 | -126 | \$OA\$394>=\$OC\$394 | Binding | 0 |
| \$OA\$395 | -125 | \$OA\$395>=\$OC\$395 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$396 | -1 | \$OA\$396>=\$OC\$396 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$397 | -1 | \$OA\$397>=\$OC\$397 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$398 | -2 | \$OA\$398>=\$OC\$398 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$399 | -125 | \$OA\$399>=\$OC\$399 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$400 | -1 | \$OA\$400>=\$OC\$400 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$401 | -126 | \$OA\$401>=\$OC\$401 | Binding | 0 |
| \$OA\$402 | -2 | \$OA\$402>=\$OC\$402 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$403 | -3 | \$OA\$403>=\$OC\$403 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$404 | -1 | \$OA\$404>=\$OC\$404 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$405 | -1 | \$OA\$405>=\$OC\$405 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$406 | -125 | \$OA\$406>=\$OC\$406 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$407 | -126 | \$OA\$407>=\$OC\$407 | Binding | 0 |
| \$OA\$408 | -126 | \$OA\$408>=\$OC\$408 | Binding | 0 |
| \$OA\$409 | -124 | \$OA\$409>=\$OC\$409 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$410 | -126 | \$OA\$410>=\$OC\$410 | Binding | 0 |
| \$OA\$411 | -1 | \$OA\$411>=\$OC\$411 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$412 | -2 | \$OA\$412>=\$OC\$412 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$413 | -1 | \$OA\$413>=\$OC\$413 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$414 | -2 | \$OA\$414>=\$OC\$414 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$415 | -126 | \$OA\$415>=\$OC\$415 | Binding | 0 |
| \$OA\$416 | -125 | \$OA\$416>=\$OC\$416 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$417 | -126 | \$OA\$417>=\$OC\$417 | Binding | 0 |
| \$OA\$418 | -1 | \$OA\$418>=\$OC\$418 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$419 | -126 | \$OA\$419>=\$OC\$419 | Binding | 0 |
| \$OA\$420 | -126 | \$OA\$420>=\$OC\$420 | Binding | 0 |
| \$OA\$421 | -126 | \$OA\$421>=\$OC\$421 | Binding | 0 |
| \$OA\$422 | -125 | \$OA\$422>=\$OC\$422 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$423 | -125 | \$OA\$423>=\$OC\$423 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$424 | -124 | \$OA\$424>=\$OC\$424 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$425 | -125 | \$OA\$425>=\$OC\$425 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$426 | -126 | \$OA\$426>=\$OC\$426 | Binding | 0 |
| \$OA\$427 | -125 | \$OA\$427>=\$OC\$427 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$428 | -1 | \$OA\$428>=\$OC\$428 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$429 | -126 | \$OA\$429>=\$OC\$429 | Binding | 0 |
| \$OA\$430 | -1 | \$OA\$430>=\$OC\$430 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$431 | -125 | \$OA\$431>=\$OC\$431 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$432 | -126 | \$OA\$432>=\$OC\$432 | Binding | 0 |
| \$OA\$433 | -126 | \$OA\$433>=\$OC\$433 | Binding | 0 |
| \$OA\$434 | -1 | \$OA\$434>=\$OC\$434 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$435 | -2 | \$OA\$435>=\$OC\$435 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$436 | -3 | \$OA\$436>=\$OC\$436 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$437 | -124 | \$OA\$437>=\$OC\$437 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$438 | -2 | \$OA\$438>=\$OC\$438 | Not Binding | 124 |

| | | | | |
|-----------|------|----------------------|-------------|-----|
| \$OA\$439 | -3 | \$OA\$439>=\$OC\$439 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$440 | -1 | \$OA\$440>=\$OC\$440 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$441 | -126 | \$OA\$441>=\$OC\$441 | Binding | 0 |
| \$OA\$442 | -1 | \$OA\$442>=\$OC\$442 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$443 | -2 | \$OA\$443>=\$OC\$443 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$444 | -1 | \$OA\$444>=\$OC\$444 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$445 | -124 | \$OA\$445>=\$OC\$445 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$446 | -124 | \$OA\$446>=\$OC\$446 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$447 | -1 | \$OA\$447>=\$OC\$447 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$448 | -3 | \$OA\$448>=\$OC\$448 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$449 | -1 | \$OA\$449>=\$OC\$449 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$450 | -3 | \$OA\$450>=\$OC\$450 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$451 | -1 | \$OA\$451>=\$OC\$451 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$452 | -2 | \$OA\$452>=\$OC\$452 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$453 | -1 | \$OA\$453>=\$OC\$453 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$454 | -126 | \$OA\$454>=\$OC\$454 | Binding | 0 |
| \$OA\$455 | -2 | \$OA\$455>=\$OC\$455 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$456 | -1 | \$OA\$456>=\$OC\$456 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$457 | -1 | \$OA\$457>=\$OC\$457 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$458 | -124 | \$OA\$458>=\$OC\$458 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$459 | -126 | \$OA\$459>=\$OC\$459 | Binding | 0 |
| \$OA\$460 | -124 | \$OA\$460>=\$OC\$460 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$461 | -2 | \$OA\$461>=\$OC\$461 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$462 | -1 | \$OA\$462>=\$OC\$462 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$463 | -125 | \$OA\$463>=\$OC\$463 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$464 | -3 | \$OA\$464>=\$OC\$464 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$465 | -2 | \$OA\$465>=\$OC\$465 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$466 | -2 | \$OA\$466>=\$OC\$466 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$467 | -2 | \$OA\$467>=\$OC\$467 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$468 | -1 | \$OA\$468>=\$OC\$468 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$469 | -126 | \$OA\$469>=\$OC\$469 | Binding | 0 |
| \$OA\$470 | -125 | \$OA\$470>=\$OC\$470 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$471 | -1 | \$OA\$471>=\$OC\$471 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$472 | -125 | \$OA\$472>=\$OC\$472 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$473 | -125 | \$OA\$473>=\$OC\$473 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$474 | -126 | \$OA\$474>=\$OC\$474 | Binding | 0 |
| \$OA\$475 | -126 | \$OA\$475>=\$OC\$475 | Binding | 0 |
| \$OA\$476 | -1 | \$OA\$476>=\$OC\$476 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$477 | -126 | \$OA\$477>=\$OC\$477 | Binding | 0 |
| \$OA\$478 | -124 | \$OA\$478>=\$OC\$478 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$479 | -3 | \$OA\$479>=\$OC\$479 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$480 | -124 | \$OA\$480>=\$OC\$480 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$481 | -125 | \$OA\$481>=\$OC\$481 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$482 | -1 | \$OA\$482>=\$OC\$482 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$483 | -2 | \$OA\$483>=\$OC\$483 | Not Binding | 124 |

| | | | | |
|-----------|------|----------------------|-------------|-----|
| \$OA\$484 | -1 | \$OA\$484>=\$OC\$484 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$485 | -2 | \$OA\$485>=\$OC\$485 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$486 | -1 | \$OA\$486>=\$OC\$486 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$487 | -124 | \$OA\$487>=\$OC\$487 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$488 | -126 | \$OA\$488>=\$OC\$488 | Binding | 0 |
| \$OA\$489 | -125 | \$OA\$489>=\$OC\$489 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$490 | -126 | \$OA\$490>=\$OC\$490 | Binding | 0 |
| \$OA\$491 | -2 | \$OA\$491>=\$OC\$491 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$492 | -1 | \$OA\$492>=\$OC\$492 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$493 | -2 | \$OA\$493>=\$OC\$493 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$494 | -126 | \$OA\$494>=\$OC\$494 | Binding | 0 |
| \$OA\$495 | -1 | \$OA\$495>=\$OC\$495 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$496 | -1 | \$OA\$496>=\$OC\$496 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$497 | -1 | \$OA\$497>=\$OC\$497 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$498 | -2 | \$OA\$498>=\$OC\$498 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$499 | -2 | \$OA\$499>=\$OC\$499 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$500 | -1 | \$OA\$500>=\$OC\$500 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$501 | -126 | \$OA\$501>=\$OC\$501 | Binding | 0 |
| \$OA\$502 | -1 | \$OA\$502>=\$OC\$502 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$503 | -125 | \$OA\$503>=\$OC\$503 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$504 | -125 | \$OA\$504>=\$OC\$504 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$505 | -124 | \$OA\$505>=\$OC\$505 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$506 | -126 | \$OA\$506>=\$OC\$506 | Binding | 0 |
| \$OA\$507 | -125 | \$OA\$507>=\$OC\$507 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$508 | -126 | \$OA\$508>=\$OC\$508 | Binding | 0 |
| \$OA\$509 | -1 | \$OA\$509>=\$OC\$509 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$510 | -2 | \$OA\$510>=\$OC\$510 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$511 | -2 | \$OA\$511>=\$OC\$511 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$512 | -1 | \$OA\$512>=\$OC\$512 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$513 | -3 | \$OA\$513>=\$OC\$513 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$514 | -126 | \$OA\$514>=\$OC\$514 | Binding | 0 |
| \$OA\$515 | -1 | \$OA\$515>=\$OC\$515 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$516 | -2 | \$OA\$516>=\$OC\$516 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$517 | -126 | \$OA\$517>=\$OC\$517 | Binding | 0 |
| \$OA\$518 | -124 | \$OA\$518>=\$OC\$518 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$519 | -126 | \$OA\$519>=\$OC\$519 | Binding | 0 |
| \$OA\$520 | -125 | \$OA\$520>=\$OC\$520 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$521 | -124 | \$OA\$521>=\$OC\$521 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$522 | -125 | \$OA\$522>=\$OC\$522 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$523 | -125 | \$OA\$523>=\$OC\$523 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$524 | -126 | \$OA\$524>=\$OC\$524 | Binding | 0 |
| \$OA\$525 | -1 | \$OA\$525>=\$OC\$525 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$526 | -125 | \$OA\$526>=\$OC\$526 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$527 | -1 | \$OA\$527>=\$OC\$527 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$528 | -3 | \$OA\$528>=\$OC\$528 | Not Binding | 123 |

| | | | | |
|-----------|------|----------------------|-------------|-----|
| \$OA\$529 | -2 | \$OA\$529>=\$OC\$529 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$530 | -2 | \$OA\$530>=\$OC\$530 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$531 | -1 | \$OA\$531>=\$OC\$531 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$532 | -126 | \$OA\$532>=\$OC\$532 | Binding | 0 |
| \$OA\$533 | -126 | \$OA\$533>=\$OC\$533 | Binding | 0 |
| \$OA\$534 | -124 | \$OA\$534>=\$OC\$534 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$535 | -125 | \$OA\$535>=\$OC\$535 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$536 | -126 | \$OA\$536>=\$OC\$536 | Binding | 0 |
| \$OA\$537 | -1 | \$OA\$537>=\$OC\$537 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$538 | -125 | \$OA\$538>=\$OC\$538 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$539 | -126 | \$OA\$539>=\$OC\$539 | Binding | 0 |
| \$OA\$540 | -2 | \$OA\$540>=\$OC\$540 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$541 | -126 | \$OA\$541>=\$OC\$541 | Binding | 0 |
| \$OA\$542 | -1 | \$OA\$542>=\$OC\$542 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$543 | -124 | \$OA\$543>=\$OC\$543 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$544 | -126 | \$OA\$544>=\$OC\$544 | Binding | 0 |
| \$OA\$545 | -125 | \$OA\$545>=\$OC\$545 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$546 | -2 | \$OA\$546>=\$OC\$546 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$547 | -1 | \$OA\$547>=\$OC\$547 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$548 | -126 | \$OA\$548>=\$OC\$548 | Binding | 0 |
| \$OA\$549 | -3 | \$OA\$549>=\$OC\$549 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$550 | -3 | \$OA\$550>=\$OC\$550 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$551 | -1 | \$OA\$551>=\$OC\$551 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$552 | -1 | \$OA\$552>=\$OC\$552 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$553 | -126 | \$OA\$553>=\$OC\$553 | Binding | 0 |
| \$OA\$554 | -2 | \$OA\$554>=\$OC\$554 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$555 | -1 | \$OA\$555>=\$OC\$555 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$556 | -125 | \$OA\$556>=\$OC\$556 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$557 | -126 | \$OA\$557>=\$OC\$557 | Binding | 0 |
| \$OA\$558 | -126 | \$OA\$558>=\$OC\$558 | Binding | 0 |
| \$OA\$559 | -125 | \$OA\$559>=\$OC\$559 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$560 | -1 | \$OA\$560>=\$OC\$560 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$561 | -126 | \$OA\$561>=\$OC\$561 | Binding | 0 |
| \$OA\$562 | -125 | \$OA\$562>=\$OC\$562 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$563 | -125 | \$OA\$563>=\$OC\$563 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$564 | -2 | \$OA\$564>=\$OC\$564 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$565 | -1 | \$OA\$565>=\$OC\$565 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$566 | -2 | \$OA\$566>=\$OC\$566 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$567 | -126 | \$OA\$567>=\$OC\$567 | Binding | 0 |
| \$OA\$568 | -2 | \$OA\$568>=\$OC\$568 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$569 | -1 | \$OA\$569>=\$OC\$569 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$570 | -2 | \$OA\$570>=\$OC\$570 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$571 | -2 | \$OA\$571>=\$OC\$571 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$572 | -1 | \$OA\$572>=\$OC\$572 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$573 | -126 | \$OA\$573>=\$OC\$573 | Binding | 0 |

| | | | | |
|-----------|------|----------------------|-------------|-----|
| \$OA\$574 | -124 | \$OA\$574>=\$OC\$574 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$575 | -125 | \$OA\$575>=\$OC\$575 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$576 | -125 | \$OA\$576>=\$OC\$576 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$577 | -3 | \$OA\$577>=\$OC\$577 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$578 | -1 | \$OA\$578>=\$OC\$578 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$579 | -3 | \$OA\$579>=\$OC\$579 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$580 | -1 | \$OA\$580>=\$OC\$580 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$581 | -126 | \$OA\$581>=\$OC\$581 | Binding | 0 |
| \$OA\$582 | -125 | \$OA\$582>=\$OC\$582 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$583 | -126 | \$OA\$583>=\$OC\$583 | Binding | 0 |
| \$OA\$584 | -1 | \$OA\$584>=\$OC\$584 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$585 | -2 | \$OA\$585>=\$OC\$585 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$586 | -126 | \$OA\$586>=\$OC\$586 | Binding | 0 |
| \$OA\$587 | -2 | \$OA\$587>=\$OC\$587 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$588 | -124 | \$OA\$588>=\$OC\$588 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$589 | -125 | \$OA\$589>=\$OC\$589 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$590 | -1 | \$OA\$590>=\$OC\$590 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$591 | -3 | \$OA\$591>=\$OC\$591 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$592 | -1 | \$OA\$592>=\$OC\$592 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$593 | -3 | \$OA\$593>=\$OC\$593 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$594 | -1 | \$OA\$594>=\$OC\$594 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$595 | -2 | \$OA\$595>=\$OC\$595 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$596 | -1 | \$OA\$596>=\$OC\$596 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$597 | -126 | \$OA\$597>=\$OC\$597 | Binding | 0 |
| \$OA\$598 | -125 | \$OA\$598>=\$OC\$598 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$599 | -126 | \$OA\$599>=\$OC\$599 | Binding | 0 |
| \$OA\$600 | -125 | \$OA\$600>=\$OC\$600 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$601 | -126 | \$OA\$601>=\$OC\$601 | Binding | 0 |
| \$OA\$602 | -2 | \$OA\$602>=\$OC\$602 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$603 | -1 | \$OA\$603>=\$OC\$603 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$604 | -1 | \$OA\$604>=\$OC\$604 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$605 | -1 | \$OA\$605>=\$OC\$605 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$606 | -1 | \$OA\$606>=\$OC\$606 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$607 | -2 | \$OA\$607>=\$OC\$607 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$608 | -2 | \$OA\$608>=\$OC\$608 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$609 | -1 | \$OA\$609>=\$OC\$609 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$610 | -125 | \$OA\$610>=\$OC\$610 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$611 | -126 | \$OA\$611>=\$OC\$611 | Binding | 0 |
| \$OA\$612 | -126 | \$OA\$612>=\$OC\$612 | Binding | 0 |
| \$OA\$613 | -2 | \$OA\$613>=\$OC\$613 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$614 | -1 | \$OA\$614>=\$OC\$614 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$615 | -126 | \$OA\$615>=\$OC\$615 | Binding | 0 |
| \$OA\$616 | -1 | \$OA\$616>=\$OC\$616 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$617 | -1 | \$OA\$617>=\$OC\$617 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$618 | -1 | \$OA\$618>=\$OC\$618 | Not Binding | 125 |

| | | | | |
|-----------|------|----------------------|-------------|-----|
| \$OA\$619 | -126 | \$OA\$619>=\$OC\$619 | Binding | 0 |
| \$OA\$620 | -1 | \$OA\$620>=\$OC\$620 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$621 | -1 | \$OA\$621>=\$OC\$621 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$622 | -126 | \$OA\$622>=\$OC\$622 | Binding | 0 |
| \$OA\$623 | -125 | \$OA\$623>=\$OC\$623 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$624 | -124 | \$OA\$624>=\$OC\$624 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$625 | -1 | \$OA\$625>=\$OC\$625 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$626 | -3 | \$OA\$626>=\$OC\$626 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$627 | -1 | \$OA\$627>=\$OC\$627 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$628 | -125 | \$OA\$628>=\$OC\$628 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$629 | -125 | \$OA\$629>=\$OC\$629 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$630 | -124 | \$OA\$630>=\$OC\$630 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$631 | -126 | \$OA\$631>=\$OC\$631 | Binding | 0 |
| \$OA\$632 | -1 | \$OA\$632>=\$OC\$632 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$633 | -2 | \$OA\$633>=\$OC\$633 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$634 | -2 | \$OA\$634>=\$OC\$634 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$635 | -1 | \$OA\$635>=\$OC\$635 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$636 | -126 | \$OA\$636>=\$OC\$636 | Binding | 0 |
| \$OA\$637 | -125 | \$OA\$637>=\$OC\$637 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$638 | -1 | \$OA\$638>=\$OC\$638 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$639 | -2 | \$OA\$639>=\$OC\$639 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$640 | -2 | \$OA\$640>=\$OC\$640 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$641 | -1 | \$OA\$641>=\$OC\$641 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$642 | -126 | \$OA\$642>=\$OC\$642 | Binding | 0 |
| \$OA\$643 | -2 | \$OA\$643>=\$OC\$643 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$644 | -125 | \$OA\$644>=\$OC\$644 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$645 | -2 | \$OA\$645>=\$OC\$645 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$646 | -125 | \$OA\$646>=\$OC\$646 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$647 | -124 | \$OA\$647>=\$OC\$647 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$648 | -125 | \$OA\$648>=\$OC\$648 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$649 | -126 | \$OA\$649>=\$OC\$649 | Binding | 0 |
| \$OA\$650 | -2 | \$OA\$650>=\$OC\$650 | Not Binding | 124 |
| \$OA\$651 | -3 | \$OA\$651>=\$OC\$651 | Not Binding | 123 |
| \$OA\$652 | -1 | \$OA\$652>=\$OC\$652 | Not Binding | 125 |
| \$OA\$653 | -125 | \$OA\$653>=\$OC\$653 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$5 | -2 | \$OA\$5<=\$OC\$5 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$6 | -3 | \$OA\$6<=\$OC\$6 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$7 | -2 | \$OA\$7<=\$OC\$7 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$8 | 0 | \$OA\$8<=\$OC\$8 | Binding | 0 |
| \$OA\$9 | -1 | \$OA\$9<=\$OC\$9 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$10 | -2 | \$OA\$10<=\$OC\$10 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$11 | 0 | \$OA\$11<=\$OC\$11 | Binding | 0 |
| \$OA\$12 | -2 | \$OA\$12<=\$OC\$12 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$13 | -3 | \$OA\$13<=\$OC\$13 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$14 | -2 | \$OA\$14<=\$OC\$14 | Not Binding | 2 |

| | | | | |
|----------|----|--------------------|-------------|---|
| \$OA\$15 | -1 | \$OA\$15<=\$OC\$15 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$16 | -3 | \$OA\$16<=\$OC\$16 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$17 | -2 | \$OA\$17<=\$OC\$17 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$18 | -3 | \$OA\$18<=\$OC\$18 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$19 | -2 | \$OA\$19<=\$OC\$19 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$20 | -2 | \$OA\$20<=\$OC\$20 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$21 | -2 | \$OA\$21<=\$OC\$21 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$22 | -1 | \$OA\$22<=\$OC\$22 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$23 | -1 | \$OA\$23<=\$OC\$23 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$24 | 0 | \$OA\$24<=\$OC\$24 | Binding | 0 |
| \$OA\$25 | -3 | \$OA\$25<=\$OC\$25 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$26 | 0 | \$OA\$26<=\$OC\$26 | Binding | 0 |
| \$OA\$27 | -2 | \$OA\$27<=\$OC\$27 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$28 | -3 | \$OA\$28<=\$OC\$28 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$29 | -2 | \$OA\$29<=\$OC\$29 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$30 | -1 | \$OA\$30<=\$OC\$30 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$31 | -3 | \$OA\$31<=\$OC\$31 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$32 | 0 | \$OA\$32<=\$OC\$32 | Binding | 0 |
| \$OA\$33 | -1 | \$OA\$33<=\$OC\$33 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$34 | -2 | \$OA\$34<=\$OC\$34 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$35 | -3 | \$OA\$35<=\$OC\$35 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$36 | 0 | \$OA\$36<=\$OC\$36 | Binding | 0 |
| \$OA\$37 | -2 | \$OA\$37<=\$OC\$37 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$38 | 0 | \$OA\$38<=\$OC\$38 | Binding | 0 |
| \$OA\$39 | -3 | \$OA\$39<=\$OC\$39 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$40 | -2 | \$OA\$40<=\$OC\$40 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$41 | -2 | \$OA\$41<=\$OC\$41 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$42 | -2 | \$OA\$42<=\$OC\$42 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$43 | -3 | \$OA\$43<=\$OC\$43 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$44 | 0 | \$OA\$44<=\$OC\$44 | Binding | 0 |
| \$OA\$45 | -3 | \$OA\$45<=\$OC\$45 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$46 | 0 | \$OA\$46<=\$OC\$46 | Binding | 0 |
| \$OA\$47 | -1 | \$OA\$47<=\$OC\$47 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$48 | -3 | \$OA\$48<=\$OC\$48 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$49 | 0 | \$OA\$49<=\$OC\$49 | Binding | 0 |
| \$OA\$50 | -2 | \$OA\$50<=\$OC\$50 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$51 | -1 | \$OA\$51<=\$OC\$51 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$52 | -2 | \$OA\$52<=\$OC\$52 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$53 | -3 | \$OA\$53<=\$OC\$53 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$54 | -1 | \$OA\$54<=\$OC\$54 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$55 | 0 | \$OA\$55<=\$OC\$55 | Binding | 0 |
| \$OA\$56 | -2 | \$OA\$56<=\$OC\$56 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$57 | -1 | \$OA\$57<=\$OC\$57 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$58 | -3 | \$OA\$58<=\$OC\$58 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$59 | -3 | \$OA\$59<=\$OC\$59 | Not Binding | 3 |

| | | | | |
|-----------|----|----------------------|-------------|---|
| \$OA\$60 | -2 | \$OA\$60<=\$OC\$60 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$61 | 0 | \$OA\$61<=\$OC\$61 | Binding | 0 |
| \$OA\$62 | -1 | \$OA\$62<=\$OC\$62 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$63 | -3 | \$OA\$63<=\$OC\$63 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$64 | -2 | \$OA\$64<=\$OC\$64 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$65 | 0 | \$OA\$65<=\$OC\$65 | Binding | 0 |
| \$OA\$66 | -2 | \$OA\$66<=\$OC\$66 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$67 | -1 | \$OA\$67<=\$OC\$67 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$68 | -3 | \$OA\$68<=\$OC\$68 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$69 | 0 | \$OA\$69<=\$OC\$69 | Binding | 0 |
| \$OA\$70 | -2 | \$OA\$70<=\$OC\$70 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$71 | -1 | \$OA\$71<=\$OC\$71 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$72 | 0 | \$OA\$72<=\$OC\$72 | Binding | 0 |
| \$OA\$73 | -3 | \$OA\$73<=\$OC\$73 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$74 | -3 | \$OA\$74<=\$OC\$74 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$75 | -1 | \$OA\$75<=\$OC\$75 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$76 | -2 | \$OA\$76<=\$OC\$76 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$77 | -3 | \$OA\$77<=\$OC\$77 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$78 | -2 | \$OA\$78<=\$OC\$78 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$79 | -3 | \$OA\$79<=\$OC\$79 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$80 | -1 | \$OA\$80<=\$OC\$80 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$81 | -1 | \$OA\$81<=\$OC\$81 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$82 | -1 | \$OA\$82<=\$OC\$82 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$83 | -1 | \$OA\$83<=\$OC\$83 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$84 | 0 | \$OA\$84<=\$OC\$84 | Binding | 0 |
| \$OA\$85 | -1 | \$OA\$85<=\$OC\$85 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$86 | -3 | \$OA\$86<=\$OC\$86 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$87 | -2 | \$OA\$87<=\$OC\$87 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$88 | 0 | \$OA\$88<=\$OC\$88 | Binding | 0 |
| \$OA\$89 | -3 | \$OA\$89<=\$OC\$89 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$90 | -2 | \$OA\$90<=\$OC\$90 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$91 | -1 | \$OA\$91<=\$OC\$91 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$92 | -3 | \$OA\$92<=\$OC\$92 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$93 | 0 | \$OA\$93<=\$OC\$93 | Binding | 0 |
| \$OA\$94 | -1 | \$OA\$94<=\$OC\$94 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$95 | -2 | \$OA\$95<=\$OC\$95 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$96 | -3 | \$OA\$96<=\$OC\$96 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$97 | -1 | \$OA\$97<=\$OC\$97 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$98 | 0 | \$OA\$98<=\$OC\$98 | Binding | 0 |
| \$OA\$99 | -1 | \$OA\$99<=\$OC\$99 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$100 | -3 | \$OA\$100<=\$OC\$100 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$101 | -1 | \$OA\$101<=\$OC\$101 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$102 | -3 | \$OA\$102<=\$OC\$102 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$103 | -2 | \$OA\$103<=\$OC\$103 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$104 | -2 | \$OA\$104<=\$OC\$104 | Not Binding | 2 |

| | | | | |
|-----------|----|----------------------|-------------|---|
| \$OA\$105 | -3 | \$OA\$105<=\$OC\$105 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$106 | -2 | \$OA\$106<=\$OC\$106 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$107 | -2 | \$OA\$107<=\$OC\$107 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$108 | -3 | \$OA\$108<=\$OC\$108 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$109 | -3 | \$OA\$109<=\$OC\$109 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$110 | -1 | \$OA\$110<=\$OC\$110 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$111 | 0 | \$OA\$111<=\$OC\$111 | Binding | 0 |
| \$OA\$112 | 0 | \$OA\$112<=\$OC\$112 | Binding | 0 |
| \$OA\$113 | -3 | \$OA\$113<=\$OC\$113 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$114 | -3 | \$OA\$114<=\$OC\$114 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$115 | -1 | \$OA\$115<=\$OC\$115 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$116 | 0 | \$OA\$116<=\$OC\$116 | Binding | 0 |
| \$OA\$117 | -1 | \$OA\$117<=\$OC\$117 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$118 | -3 | \$OA\$118<=\$OC\$118 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$119 | -2 | \$OA\$119<=\$OC\$119 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$120 | -1 | \$OA\$120<=\$OC\$120 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$121 | -3 | \$OA\$121<=\$OC\$121 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$122 | 0 | \$OA\$122<=\$OC\$122 | Binding | 0 |
| \$OA\$123 | -2 | \$OA\$123<=\$OC\$123 | Not Binding | 2 |
| \$OA\$124 | -1 | \$OA\$124<=\$OC\$124 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$125 | -3 | \$OA\$125<=\$OC\$125 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$126 | -1 | \$OA\$126<=\$OC\$126 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$127 | -3 | \$OA\$127<=\$OC\$127 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$128 | -1 | \$OA\$128<=\$OC\$128 | Not Binding | 1 |
| \$OA\$129 | 0 | \$OA\$129<=\$OC\$129 | Binding | 0 |
| \$OA\$130 | -3 | \$OA\$130<=\$OC\$130 | Not Binding | 3 |
| \$OA\$131 | -1 | \$OA\$131<=\$OC\$131 | Not Binding | 1 |

Ek-3: Çözüm Raporu

Microsoft Excel 16.0 Solutions Report
Worksheet: [Solver deneme model.xlsx]Sayfa2
Report Created: 18.1.2017 23:12:52
Result: Solver found an integer solution within tolerance.
All constraints are satisfied.
Engine: Gurobi Solver
Number of Solutions: 3

Solutions:

| Cell | Sol 1 (Obj = 4) | Sol 2 (Obj = 5) | Sol 3 (Obj = 6) |
|---------|-----------------|-----------------|-----------------|
| \$B\$3 | 3 | 4 | 5 |
| \$C\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$D\$3 | 0 | 0 | 2 |
| \$E\$3 | 1 | 2 | 1 |
| \$F\$3 | 3 | 1 | 0 |
| \$G\$3 | 2 | 0 | 2 |
| \$H\$3 | 1 | 1 | 3 |
| \$I\$3 | 3 | 2 | 0 |
| \$J\$3 | 1 | 3 | 1 |
| \$K\$3 | 0 | 0 | 2 |
| \$L\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$M\$3 | 2 | 2 | 2 |
| \$N\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$O\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$P\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$Q\$3 | 1 | 3 | 3 |
| \$R\$3 | 1 | 1 | 2 |
| \$S\$3 | 1 | 1 | 2 |
| \$T\$3 | 2 | 3 | 0 |
| \$U\$3 | 2 | 1 | 2 |
| \$V\$3 | 3 | 2 | 1 |
| \$W\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$X\$3 | 3 | 2 | 3 |
| \$Y\$3 | 1 | 0 | 0 |
| \$Z\$3 | 0 | 1 | 1 |
| \$AA\$3 | 1 | 2 | 1 |
| \$AB\$3 | 2 | 1 | 2 |
| \$AC\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$AD\$3 | 3 | 3 | 3 |
| \$AE\$3 | 2 | 2 | 4 |
| \$AF\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$AG\$3 | 0 | 0 | 1 |

| | | | |
|---------|---|---|---|
| \$AH\$3 | 3 | 2 | 3 |
| \$AI\$3 | 1 | 1 | 3 |
| \$AJ\$3 | 3 | 2 | 2 |
| \$AK\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$AL\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$AM\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$AN\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$AO\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$AP\$3 | 3 | 3 | 2 |
| \$AQ\$3 | 0 | 4 | 0 |
| \$AR\$3 | 3 | 0 | 3 |
| \$AS\$3 | 2 | 1 | 1 |
| \$AT\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$AU\$3 | 3 | 3 | 2 |
| \$AV\$3 | 1 | 2 | 3 |
| \$AW\$3 | 2 | 0 | 1 |
| \$AX\$3 | 1 | 2 | 0 |
| \$AY\$3 | 0 | 0 | 4 |
| \$AZ\$3 | 2 | 3 | 1 |
| \$BA\$3 | 3 | 4 | 2 |
| \$BB\$3 | 1 | 1 | 3 |
| \$BC\$3 | 2 | 2 | 1 |
| \$BD\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$BE\$3 | 0 | 1 | 3 |
| \$BF\$3 | 1 | 0 | 5 |
| \$BG\$3 | 3 | 2 | 2 |
| \$BH\$3 | 2 | 4 | 4 |
| \$BI\$3 | 0 | 3 | 1 |
| \$BJ\$3 | 1 | 0 | 0 |
| \$BK\$3 | 3 | 1 | 2 |
| \$BL\$3 | 1 | 4 | 1 |
| \$BM\$3 | 2 | 0 | 0 |
| \$BN\$3 | 0 | 3 | 2 |
| \$BO\$3 | 3 | 2 | 3 |
| \$BP\$3 | 1 | 1 | 4 |
| \$BQ\$3 | 2 | 0 | 0 |
| \$BR\$3 | 3 | 3 | 1 |
| \$BS\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$BT\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$BU\$3 | 2 | 1 | 1 |
| \$BV\$3 | 1 | 2 | 2 |
| \$BW\$3 | 0 | 3 | 0 |
| \$BX\$3 | 1 | 2 | 2 |
| \$BY\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$BZ\$3 | 2 | 0 | 2 |

| | | | |
|---------|---|---|---|
| \$CA\$3 | 2 | 2 | 2 |
| \$CB\$3 | 2 | 0 | 1 |
| \$CC\$3 | 2 | 0 | 2 |
| \$CD\$3 | 3 | 4 | 1 |
| \$CE\$3 | 2 | 3 | 0 |
| \$CF\$3 | 0 | 4 | 2 |
| \$CG\$3 | 1 | 1 | 3 |
| \$CH\$3 | 3 | 0 | 4 |
| \$CI\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$CJ\$3 | 1 | 3 | 1 |
| \$CK\$3 | 2 | 4 | 2 |
| \$CL\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$CM\$3 | 3 | 2 | 3 |
| \$CN\$3 | 2 | 0 | 2 |
| \$CO\$3 | 1 | 2 | 3 |
| \$CP\$3 | 0 | 1 | 4 |
| \$CQ\$3 | 2 | 4 | 1 |
| \$CR\$3 | 3 | 1 | 2 |
| \$CS\$3 | 2 | 0 | 1 |
| \$CT\$3 | 0 | 1 | 2 |
| \$CU\$3 | 2 | 0 | 0 |
| \$CV\$3 | 0 | 1 | 2 |
| \$CW\$3 | 1 | 2 | 3 |
| \$CX\$3 | 1 | 2 | 0 |
| \$CY\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$CZ\$3 | 1 | 1 | 2 |
| \$DA\$3 | 1 | 1 | 2 |
| \$DB\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$DC\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$DD\$3 | 2 | 2 | 1 |
| \$DE\$3 | 3 | 2 | 2 |
| \$DF\$3 | 3 | 1 | 3 |
| \$DG\$3 | 0 | 2 | 2 |
| \$DH\$3 | 0 | 1 | 2 |
| \$DI\$3 | 2 | 0 | 1 |
| \$DJ\$3 | 3 | 2 | 0 |
| \$DK\$3 | 2 | 2 | 3 |
| \$DL\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$DM\$3 | 1 | 1 | 2 |
| \$DN\$3 | 2 | 2 | 3 |
| \$DO\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$DP\$3 | 3 | 2 | 3 |
| \$DQ\$3 | 1 | 3 | 0 |
| \$DR\$3 | 2 | 0 | 1 |
| \$DS\$3 | 0 | 3 | 0 |

| | | | |
|---------|---|---|---|
| \$DT\$3 | 2 | 1 | 5 |
| \$DU\$3 | 0 | 2 | 1 |
| \$DV\$3 | 2 | 0 | 2 |
| \$DW\$3 | 3 | 3 | 0 |
| \$DX\$3 | 0 | 2 | 1 |
| \$DY\$3 | 2 | 0 | 2 |
| \$DZ\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$EA\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$EB\$3 | 1 | 0 | 0 |
| \$EC\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$ED\$3 | 0 | 1 | 1 |
| \$EE\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$EF\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$EG\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$EH\$3 | 1 | 0 | 0 |
| \$EI\$3 | 0 | 1 | 1 |
| \$EJ\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$EK\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$EL\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$EM\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$EN\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$EO\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$EP\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$EQ\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$ER\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$ES\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$ET\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$EU\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$EV\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$EW\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$EX\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$EY\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$EZ\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$FA\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$FB\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$FC\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$FD\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$FE\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$FF\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$FG\$3 | 1 | 0 | 0 |
| \$FH\$3 | 1 | 0 | 0 |
| \$FI\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$FJ\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$FK\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$FL\$3 | 1 | 1 | 1 |

| | | | |
|---------|---|---|---|
| \$FM\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$FN\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$FO\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$FP\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$FQ\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$FR\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$FS\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$FT\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$FU\$3 | 0 | 1 | 1 |
| \$FV\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$FW\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$FX\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$FY\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$FZ\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$GA\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$GB\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$GC\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$GD\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$GE\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$GF\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$GG\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$GH\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$GI\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$GJ\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$GK\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$GL\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$GM\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$GN\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$GO\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$GP\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$GQ\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$GR\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$GS\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$GT\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$GU\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$GV\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$GW\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$GX\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$GY\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$GZ\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$HA\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$HB\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$HC\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$HD\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$HE\$3 | 0 | 1 | 1 |

| | | | |
|---------|---|---|---|
| \$HF\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$HG\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$HH\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$HI\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$HJ\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$HK\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$HL\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$HM\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$HN\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$HO\$3 | 0 | 1 | 1 |
| \$HP\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$HQ\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$HR\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$HS\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$HT\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$HU\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$HV\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$HW\$3 | 1 | 0 | 0 |
| \$HX\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$HY\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$HZ\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$IA\$3 | 0 | 1 | 1 |
| \$IB\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$IC\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$ID\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$IE\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$IF\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$IG\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$IH\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$II\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$IJ\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$IK\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$IL\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$IM\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$IN\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$IO\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$IP\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$IQ\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$IR\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$IS\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$IT\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$IU\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$IV\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$IW\$3 | 1 | 0 | 0 |
| \$IX\$3 | 1 | 1 | 0 |

| | | | |
|---------|---|---|---|
| \$IY\$3 | 1 | 0 | 0 |
| \$IZ\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$JA\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$JB\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$JC\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$JD\$3 | 0 | 1 | 1 |
| \$JE\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$JF\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$JG\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$JH\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$JI\$3 | 1 | 0 | 0 |
| \$JJ\$3 | 1 | 0 | 0 |
| \$JK\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$JL\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$JM\$3 | 1 | 0 | 0 |
| \$JN\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$JO\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$JP\$3 | 1 | 0 | 0 |
| \$JQ\$3 | 0 | 1 | 1 |
| \$JR\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$JS\$3 | 0 | 1 | 1 |
| \$JT\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$JU\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$JV\$3 | 1 | 0 | 0 |
| \$JW\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$JX\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$JY\$3 | 1 | 0 | 0 |
| \$JZ\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$KA\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$KB\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$KC\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$KD\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$KE\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$KF\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$KG\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$KH\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$KI\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$KJ\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$KK\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$KL\$3 | 1 | 0 | 0 |
| \$KM\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$KN\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$KO\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$KP\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$KQ\$3 | 0 | 1 | 0 |

| | | | |
|---------|---|---|---|
| \$KR\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$KS\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$KT\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$KU\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$KV\$3 | 0 | 1 | 1 |
| \$KW\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$KX\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$KY\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$KZ\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$LA\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$LB\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$LC\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$LD\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$LE\$3 | 0 | 1 | 1 |
| \$LF\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$LG\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$LH\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$LI\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$LI\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$LK\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$LL\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$LM\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$LN\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$LO\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$LP\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$LQ\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$LR\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$LS\$3 | 0 | 1 | 1 |
| \$LT\$3 | 0 | 1 | 1 |
| \$LU\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$LV\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$LW\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$LX\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$LY\$3 | 1 | 0 | 0 |
| \$LZ\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$MA\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$MB\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$MC\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$MD\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$ME\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$MF\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$MG\$3 | 0 | 1 | 1 |
| \$MH\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$MI\$3 | 1 | 0 | 0 |
| \$MJ\$3 | 1 | 1 | 1 |

| | | | |
|---------|---|---|---|
| \$MK\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$ML\$3 | 0 | 1 | 1 |
| \$MM\$3 | 0 | 1 | 1 |
| \$MN\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$MO\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$MP\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$MQ\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$MR\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$MS\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$MT\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$MU\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$MV\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$MW\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$MX\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$MY\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$MZ\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$NA\$3 | 1 | 0 | 0 |
| \$NB\$3 | 1 | 0 | 0 |
| \$NC\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$ND\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$NE\$3 | 0 | 1 | 1 |
| \$NF\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$NG\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$NH\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$NI\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$NJ\$3 | 1 | 1 | 1 |
| \$NK\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$NL\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$NM\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$NN\$3 | 0 | 0 | 0 |
| \$NO\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$NP\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$NQ\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$NR\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$NS\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$NT\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$NU\$3 | 1 | 0 | 1 |
| \$NV\$3 | 1 | 1 | 0 |
| \$NW\$3 | 0 | 1 | 0 |
| \$NX\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$NY\$3 | 0 | 0 | 1 |
| \$NZ\$3 | 1 | 0 | 1 |

ÖZGEÇMİŞ

18.06.1988 tarihinde Çorum İli Mecitözü İlçesinde doğmuştur. İlk ve ortaöğrenimini Ankara İli Sincan İlçesinde sırasıyla Osman Ünyazıcı İlköğretim Okulu (2002) ve Süleyman Demirel Anadolu Lisesinde (2006) tamamlamıştır. 2006 yılında İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümüne kaydolmuştur. 2010 yılında buradan mezun olmasına müteakip yaklaşık bir yıl süreyle özel bir şirkette Üretim Mühendisi unvanıyla görev almıştır. 2012 yılında askerlik görevini ifa ettikten sonra yine özel sektörde bir süre Süreç İyileştirme Mühendisi görevinde bulunmuştur. Halihazırda, yaklaşık 4,5 yıldan bu yana kamuda İş Güvenliği Uzmanı görevini yerine getirmektedir. Bunun yanında 2014 yılında Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır.

Çalışma ve ilgi alanları arasında, optimizasyon teknikleri, benzetim, karar analizi, iş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirmesi ve kazaların kök-neden analizleri bulunmaktadır.

Yabancı dili İngilizce olup evlidir.

Murat Can Burak YILDIZ