

**152114002: NESNE TABANLI PROGRAMLAMA I**  
**2022-2023 GÜZ DÖNEMİ**  
**DÖNEM PROJESİ (I.AŞAMA)**  
**Son Teslim Tarihi: 25 Aralık 2022, Pazar, 17:00**

**Not: Projenin II. Aşaması 25 Aralık 2022 tarihinde verilecektir. II. Aşamanın teslim tarihi 06 Ocak 2023 olarak planlanmaktadır.**

***Açıklama ve Kurallar:***

1. Grup çalışması içerisinde,
  - i. Bütün grup üyeleri, tasarım sürecinde bulunmalıdır.
  - ii. Görevler (sınıf kodlarının ve uygulamanın yazılması) tüm grup üyelerine dağıtılmalı ve raporda bu dağılım açıkça belirtilmelidir.
  - iii. Her öğrenci, kod sürüm takip sistemi olarak kullanılan bitbucket üzerinde hesap açarak (laboratuvarda nasıl kullanılacağı anlatılacaktır), her grupta bir takım lideri seçilecek, lider bir proje oluşturacak, takım üyeleri kendilerine atanan kaynak dosyalar üzerinde aynı projede çalışacaktır. Değerlendirmede, her bir takım üyesinin buradaki hareketi dikkate alınacaktır.
  - iv. Her öğrenci, kendisine atanan sınıf kodlarını ve test programlarını yazmalıdır. Her sınıf ayrı header (.h) ve ayrı source (.cpp) dosyasına sahip olmalıdır. Her dosyada kodu yazan kişinin ismi ve tarih bulunmalıdır.
2. Kodların yanında ilgili kod parçası ile ilgili açıklamaların yazılması gerekmektedir. (Bakınız EK A.1).
3. Proje için, tasarım ve gerçekleştirme aşamasının aktarıldığı bir rapor hazırlanması gerekmektedir. (Bakınız EK A.2)
4. Nesne tabanlı yapıların kullanıldığı (abstraction, data hiding, inheritance, operator overloading, polymorphism, templates, exception handling, etc) iyi bir tasarım ve kodlama yapmalısınız.
5. Proje için, yazılan kodları ve proje raporunu sıkıştırarak. zip ya da .rar olarak, ve dosyayı “Grup\_Uyelerinden\_birinin\_ismi.zip/rar” şeklinde isimlendirip, DYS yüklemelisiniz.
6. Notlar, ekte verilen tabloya göre verilecektir. (Bakınız EK A.3)
7. Uygulama programı konsol tabanlı olmalıdır.
8. Sadece standart C++ kütüphaneleri kullanılmalıdır.
9. **Tasarım ve/veya kodlarınızın kısmen ya da tamamen başka gruplardan ve referans gösterilmemiş kaynaklardan alındığı belirlenirse, sıfır not alırsınız.**
10. **Proje gruplarının sunum yapması istenebilir.**

## PROJE BAŞLIĞI: 3B Izgara Tabanlı Haritalama (3D Grid-Based Mapping)

### Proje Açıklaması:

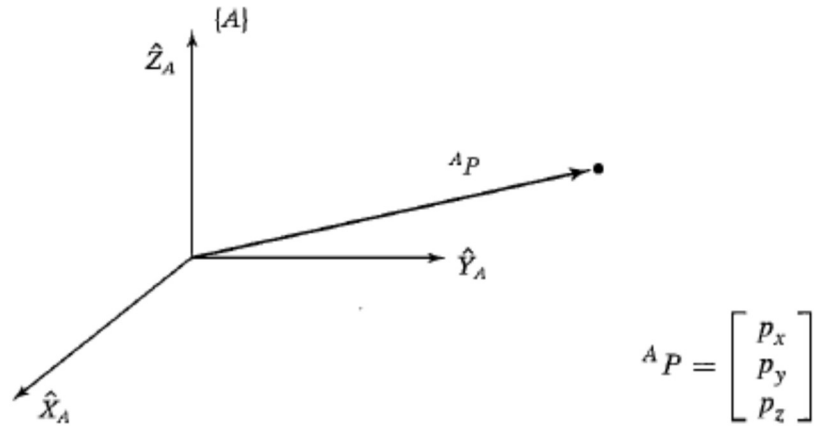
Projenin kapsamı, derinlik sensörlerinden sağlanan nokta bulutları (Point Cloud) ve nokta bulutları ile 3B ızgara tabanlı harita oluşturmayı kapsamaktadır. Şekil 1’de resmi verilen derinlik kamerası, görüş alanı içerisinde renkli piksel değerleri yanına derinlik bilgisi de sunmaktadır. Elde edilen 3B derinlik bilgisi kameraya göre tanımlı 3B noktalarla ifade edilmektedir. Bu noktaların oluşturduğu noktalar kümesine nokta bulutu adı verilir. Şekil 1’de bir tavşan yüzeyinden elde edilen nokta bulutunun gösterimi verilmektedir.



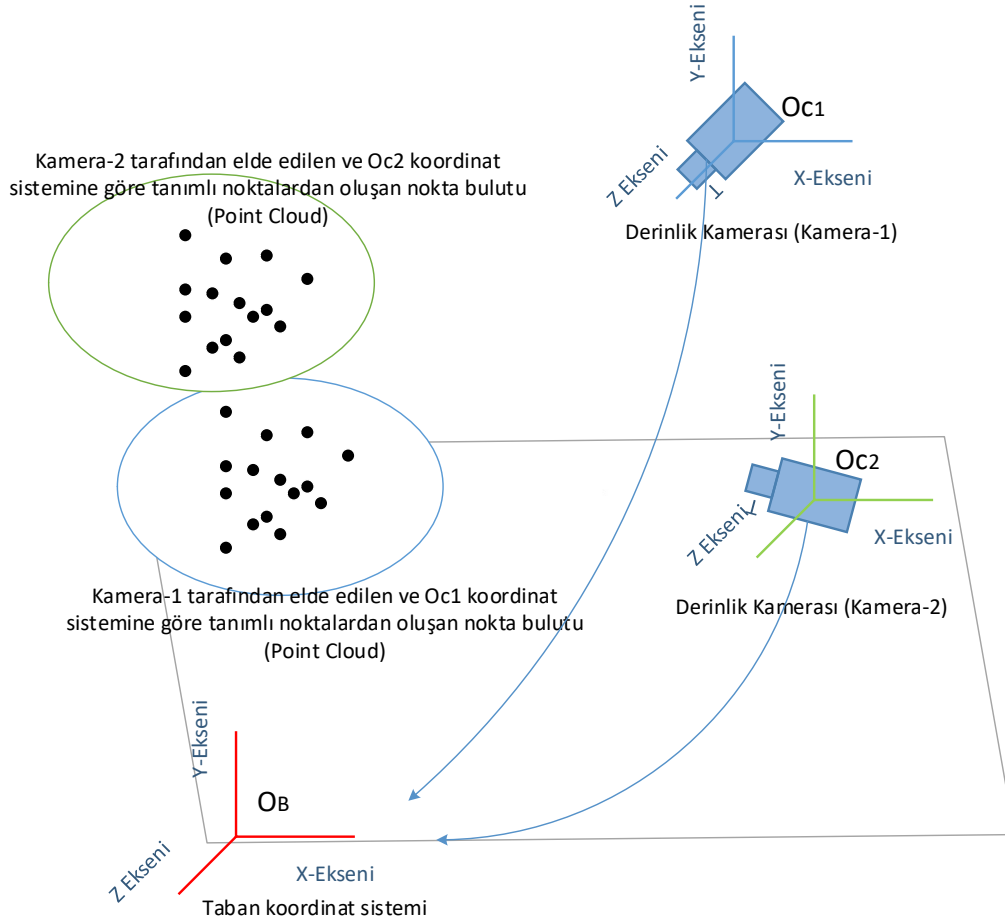
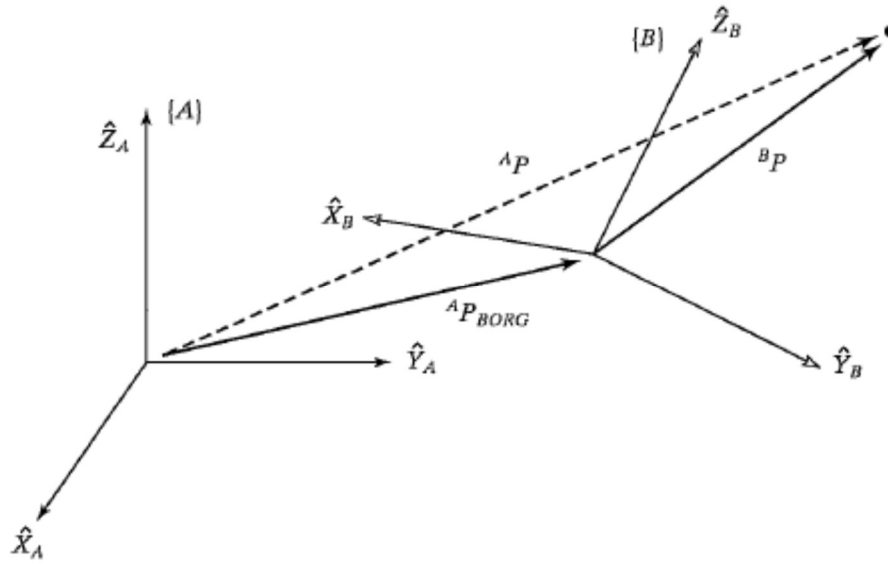
Şekil 1. Derinlik kamerası ve nokta bulutu

Bir kameradan alınan nokta bulutundaki her bir 3B nokta, o kamera üzerinde tanımlı koordinat sistemine göre tanımlıdır. Örneğin, Şekil 2’de mavi renkli elips içinde gösterilen nokta bulutu  $O_{C1}$  koordinat sistemine göre tanımlıdır. Yeşil renkli elips içinde gösterilen nokta bulutu  $O_{C2}$  koordinat sistemine göre tanımlıdır. Bu iki nokta bulutunu birleştirip tek bir nokta bulutu olarak elde etmek için, her iki buluttaki noktaları ortak bir koordinat sistemine ( $O_B$ ) göre tanımlı olacak şekilde dönüştürmek gerekir.

P noktasının,  $\{A\}$  koordinat eksenine göre gösterimi aşağıda verilmektedir.



Bir P noktasının,  $\{A\}$  ve  $\{B\}$  koordinat eksenlerine göre, gösterimi sırasıyla  ${}^A P$  ve  ${}^B P$  ile gösterilmektedir.

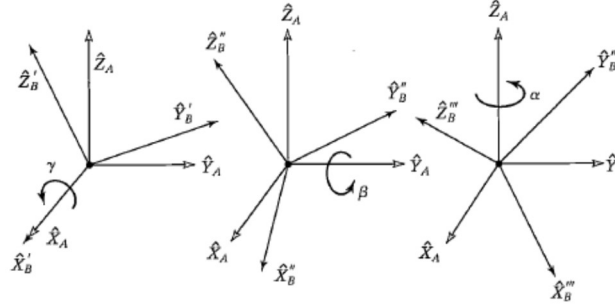


Şekil 2. İki farklı kameradan sağlanan nokta bulutları ve referans koordinat sistemlerinin sembolik gösterimi

${}^B P$  verildiğinde  ${}^A P$  vektörünü bulmak için  $\{B\}$  'den  $\{A\}$  'ya dönüşüm matrisi gerekir. Dönüşüm matrisi  ${}^A T_B$ , aşağıda gösterilmektedir.  ${}^A R_B$ ,  $\{B\}$  'den  $\{A\}$  'ya 3x3 rotasyon matrisidir.

$$\begin{bmatrix} {}^A P \\ 1 \end{bmatrix} = \left[ \begin{array}{c|c} {}^A R_B & {}^A P_{BORG} \\ \hline 0 & 1 \end{array} \right] \begin{bmatrix} {}^B P \\ 1 \end{bmatrix}$$

Dönüşüm matrisinin  ${}^A T_B$  tersi,  $\{A\}$  'dan  $\{B\}$  'ye dönüşüm matrisini verir.  $({}^A T_B)^{-1} = {}^B T_A$ . Koordinat eksenleri arasındaki rotasyon matrisi 3 açı değeri ile belirtilebilir. X-Y-Z dönüşümüne göre



$\gamma, \beta, \alpha$  açıları ile belirtilen rotasyon için rotasyon matrisi

$${}^A R_{XYZ}(\gamma, \beta, \alpha) = \begin{bmatrix} c\alpha c\beta s\gamma & c\alpha s\beta s\gamma - s\alpha c\gamma & c\alpha s\beta c\gamma + s\alpha s\gamma \\ s\alpha c\beta & s\alpha s\beta s\gamma + c\alpha c\gamma & s\alpha s\beta c\gamma - c\alpha s\gamma \\ -s\beta & c\beta s\gamma & c\beta c\gamma \end{bmatrix}$$

olarak hesaplanabilir. Burada,  $c_\beta s_\gamma = \cos(\beta) \cdot \sin(\gamma)$  şeklindedir.

### Proje İstekleri:

Proje kapsamında, verilen bir nokta bulutu üzerinde işlemler yapılması, bu nokta bulutu kullanılarak 3B ızgara tabanlı harita oluşturulması istenmektedir. Aşağıda geliştirilecek sınıflar UML olarak verilmektedir. Üye fonksiyonlar için zorunlu olanlar verilmiştir. Bunun dışında gereken ya da sizin eklemek istediğiniz üye fonksiyon ve üye verileri sınıflara dahil edebilirsiniz.

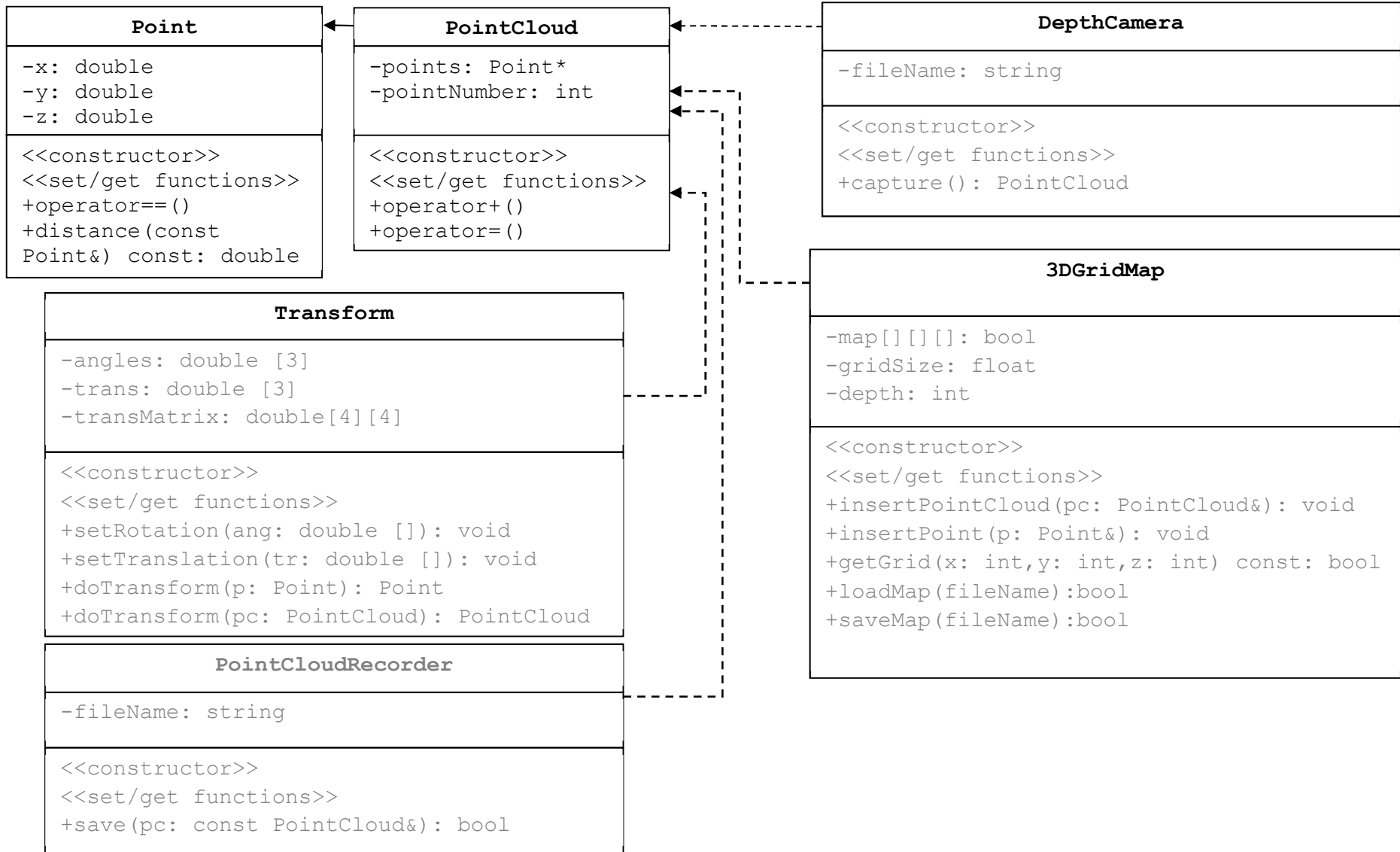
Şekil 3'de geliştirilmesi beklenen taslak UML sınıf diyagramı verilmektedir. Bu tasarımda, genel olarak sadık kalınmalı ancak üzerinde ihtiyaç halinde değişiklikler yapılabilir. Tasarımdaki sınıflar ve üye fonksiyonların açıklamaları kısaca şu şekildedir:

**Point Sınıfı:** Bu sınıf nokta bulutundaki 3B noktaların koordinatlarını tutar. Eşit operatörü ( $=$ ), iki noktanın eşit olup olmadığını denetler. Distance fonksiyonu iki nokta arasındaki Öklid uzaklığı hesaplar ve döndürür.

**PointCloud Sınıfı:** Sahip olduğu noktaları, dinamik olarak yaratılan bir Point dizisinde tutar. Dizinin boyutu, nesne yaratılırken constructor fonksiyonunda bir parametre olarak alınır.  $+$  operatörü, iki nokta bulutunun sahip olduğu noktalara sahip tek bir nokta bulutunu döndürür.  $=$  operatörü, bir nokta bulutunun başka bir nokta bulutuna kopyalanmasını sağlar. Copy constructor fonksiyonu yazmak da gerekiyor.

**Transform Sınıfı:** Açıklamalar kısmında anlatıldığı gibi, iki koordinat eksenini orijinleri arasındaki uzaklık (trans) ve rotasyon açılarını (angles) alır. Dönüşüm matrisini oluşturur (transMatrix). Daha sonrasında doTrans fonksiyonu ile alınan nokta ya da nokta bulutunu bu dönüşüme tabi tutarak dönüştürülmüş nokta ya da nokta bulutunu döndürür.

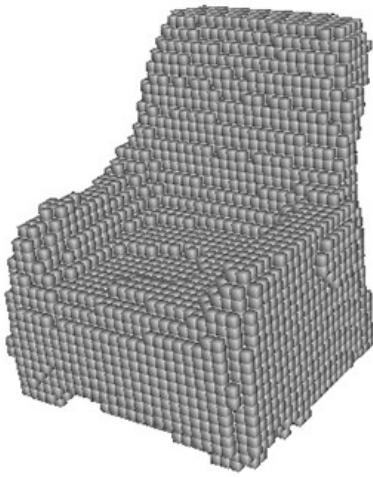
**DepthCamera Sınıfı:** İsmi (fileName) verilen dosyadan, capture fonksiyonu çağrıldığında noktaları okur ve yaratılan nokta bulutu nesnesine bu noktaları atar. Nokta bulutunu döndürür. Bu işlem kameranın bir benzetimidir. Noktalar bir kamera yerine dosyadan alınır.



Şekil 3. Geliştirilecek yazılımın taslak UML Sınıf Diyagramı

**PointCloudRecorder Sınıfı:** Bu nokta bulutlarının dosyaya kaydedilmesi için kullanılmaktadır. save fonksiyonu çağrıldığında, fileName ile ismi verilen dosya açılır, parametre olarak verilen nokta bulutundaki noktalar bu dosyaya kaydedilir.

**3DGridMap Sınıfı:** Bu sınıf, 3B ızgara tabanlı harita oluşturmaktadır. Burada, Şekil 4’de görüldüğü gibi verine nokta bulutu ızgara tabanlı bir haritaya dönüştürülecektir. Şekil 5’de görüldüğü gibi haritada ortam eşit büyüklükteki küpler ile temsil edilmektedir. Bu, küpler map[][][] ile temsil edilmektedir. Burada, i,j,k değerleri küpün yerini belirtmektedir. Küpün değeri ise true ya da false olabilmektedir. Depth, x,y ve z eksenini doğrultularındaki küp sayısını, gridSize ise küpleri kenar uzunluğunu belirtmektedir. Constructor fonksiyonu ile tüm küpler false değer atanmaktadır. Böylece, haritada alan tamamen boş durumdadır. insert fonksiyonları ile, her bir noktanın hangi küpün içinde kaldığını belirlenip, o küpün değerini true yapmaktadır. getGrid fonksiyonu ilgili grid için değer döndürmektedir.

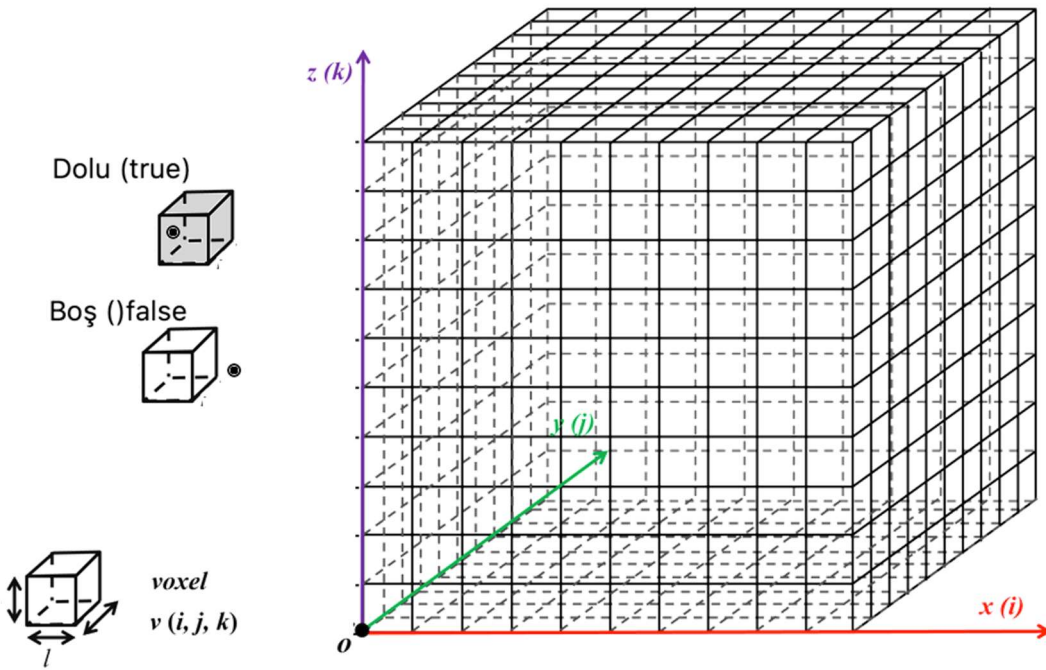


3D voxels



3D point cloud

Şekil 4. 3B nokta bulutu ve nokta bulutunun 3B voksel dönüştürülmüş görünümü



Şekil 5. 3B Izgara tabanlı harita için sembolik gösterim

Hem DepthCamera hem de PointCloudRecorder tarafından kullanılan metin tabanlı dosyada noktalar şu şekilde bulunmalıdır. Her satırda bir nokta olmak üzere, noktanın x, y, z bileşen değerleri aralarında boşlukla bulunacaktır.

```
X1 Y1 Z1
X2 Y2 Z2
X3 Y3 Z3
X4 Y4 Z4
.
.
.
Xn Yn Zn
```

Nokta bulutunu 3B görselleştirmek için, CloudCompare (<https://www.danielgm.net/cc/>) programını bilgisayarınıza kurup, yukarıdaki formattaki dosyalarınızı bu programda açabilirsiniz. Nokta bulutunu 3B olarak görebilirsiniz.

### **Kısım 1.**

Yukarıda verilen tasarıma uygun olarak bir Nokta Bulutu Kütüphanesi oluşturun. Her sınıf için doğruluğunu test etmek için bir test programı yazınız. Testler sırasında, Kısım 2’de verilen örnek değerlerden faydalanabilirsiniz.

### **Kısım 2.**

Bir test uygulama programı yazınız.

## **Appendix:**

### **A.1 Doxygen HowTo**

Doxygen is a documentation system for C++, C, Java, Objective-C, Python, IDL (Corba and Microsoft flavors), Fortran, VHDL, PHP, C#, and to some extent D.

It can help you in three ways:

1. It can generate an on-line documentation browser (in HTML) and/or an off-line reference manual (in  $\text{\LaTeX}$ ) from a set of documented source files. There is also support for generating output in RTF (MS-Word), PostScript, hyperlinked PDF, compressed HTML, and Unix man pages. The documentation is extracted directly from the sources, which makes it much easier to keep the documentation consistent with the source code.
2. You can configure doxygen to extract the code structure from undocumented source files. This is very useful to quickly find your way in large source distributions. You can also visualize the relations between the various elements by means of include dependency graphs, inheritance diagrams, and collaboration diagrams, which are all generated automatically.
3. You can also use doxygen for creating normal documentation (as I did for this manual).

Doxygen is developed under Linux and Mac OS X, but is set-up to be highly portable. As a result, it runs on most other Unix flavors as well. Furthermore, executables for Windows are available.

For more detail, <http://www.stack.nl/~dimitri/doxygen/manual.html>

#### **Sample :**

##### **The Header File (TestA.h) is:**

```
/**
 * @file   TestA.h
 * @Author Me (me@example.com)
 * @date   September, 2008
 * @brief   Brief description of file.
 *
 * Detailed description of file.
 */

//! An enum.
/*! More detailed enum description. */
enum TestENUM{
    ENUM1,    /*!< Definition of ENUM1 */
    ENUM2,    /*!< Definition of ENUM2 */
    ENUM3     /*!< Definition of ENUM3 */
};

//! A test class.
/*!
    A more elaborate class description.
*/
class TestA{
public:
    /*! A constructor.
    TestA(void);
```



```

    //! A constructor.
    ~TestA(void);
    //! A sample function.
    double func(int fA, double fB);
};

```

**The Source File (TestA.cpp) is:**

```

#include "TestA.h"

TestA::TestA(void)
{}

TestA::~TestA(void)
{}

/*!
    \param fA an integer argument.
    \param fB an double argument.
    \return The test results
*/
double TestA::func(int fA, double fB)
{
    return fA*fB;
}

```

Snapshots from html type documentation pages after generating by Doxygen

# Test Project

[Main Page](#)[Classes](#)[Files](#)[Class List](#)[Class Index](#)[Class Members](#)[Public Member Functions](#) | [List of all members](#)

## TestA Class Reference

A test class. [More...](#)

```
#include <TestA.h>
```

### Public Member Functions

**TestA** (void)

A constructor.

**~TestA** (void)

A constructor.

double **func** (int fA, double fB)

A sample function.

A constructor.

**~TestA** (void)

A constructor.

double **func** (int fA, double fB)

A sample function.

### Detailed Description

A test class.

A more elaborate class description.

### Member Function Documentation

```
double TestA::func ( int    fA,  
                    double fB  
                    )
```

A sample function.

#### Parameters

*fA as integer argument*

## Member Function Documentation

```
double TestA::func ( int    fA,  
                    double fB  
                    )
```

A sample function.

### Parameters

**fA** an integer argument.

**fB** an double argument.

### Returns

The test results

The documentation for this class was generated from the following files:

- C:/Users/metis/Documents/Visual Studio 2008/Projects/OOP1\_Fall2012\_Project/OOP1\_Fall2012\_Project/TestA.h
- C:/Users/metis/Documents/Visual Studio 2008/Projects/OOP1\_Fall2012\_Project/OOP1\_Fall2012\_Project/TestA.cpp

Generated on Tue Dec 11 2012 22:10:46 for Test Project by **doxygen** 1.8.2

# Test Project

Main Page

Classes

**Files**

Search

File List

File Members

Documents

Visual Studio 2008

Projects

OOP1\_Fall2012\_Project

OOP1\_Fall2012\_Project

Classes | Enumerations

## TestA.h File Reference

Brief description of file. More...

Go to the source code of this file.

### Classes

class **TestA**

A test class. More...

### Enumerations

enum **TestENUM** { **ENUM1**, **ENUM2**, **ENUM3** }

An enum. More...

## Enumerations

enum **TestENUM** { ENUM1, ENUM2, ENUM3 }

An enum. More...

## Detailed Description

Brief description of file.

Me (me@example.com)

### Date

September, 2008 Detailed description of file.

## Enumeration Type Documentation

### enum TestENUM

An enum.

More detailed enum description.

#### Enumerator:

*ENUM1*

Definition of ENUM1

Me (me@example.com)

### Date

September, 2008 Detailed description of file.

## Enumeration Type Documentation

### enum TestENUM

An enum.

More detailed enum description.

#### Enumerator:

*ENUM1*

Definition of ENUM1

*ENUM2*

Definition of ENUM2

*ENUM3*

Definition of ENUM3

**Kapak Sayfası**

**ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**NESNE TABANLI PROGRAMLAMA I  
PROJE RAPORU -1**

*Proje Başlığı*

*Proje Grup Üyesi Numarası ve Adı*

*Proje Grup Üyesi Numarası ve Adı*

*Proje Grup Üyesi Numarası ve Adı*

...

**Aralık 2019**

**Rapor İçeriği**

**1. Giriş**

*Genel proje bilgisi*

**2. Tasarım**

*Alt başlıklar eklenebilir. Tasarım, UML diyagramları, görev atamaları, örnek program girdi ve çıktıların kısaca anlatılması.*

**Görev Atamaları (İçerilmeli)**

<b>Grup Üyesi</b>	<b>Görevler</b>
<i>Grup üyesinin adı</i>	<i>Sınıflar, dokümantasyon, etc.</i>
<i>Grup üyesinin adı</i>	...
...	...

**3. Sonuçlar**

*Proje sonuçlarının değerlendirilmesi, takım çalışması ile ilgili yorumlar, artı ve eksiler, sonraki çalışmalar için öneriler, vb.*

### A.3 Check list for the materials which should be submitted and grading

#### **CHECK LIST**

<b>Materials</b>	<b>Included</b>
Header and source files of each classes and application (.h, .cpp)	Yes / No
Each class has separate header and source files?	Yes / No
Codes are well formatted?	Yes / No
Codes are commented by using Doxygen tags?	Yes / No
There are test programs for each class?	Yes / No
Internal documentation generated by Doxygen (.htm)	Yes / No
Report	Yes / No

#### **GRADING (TENTATIVE)**

<b>Items</b>	<b>Grade (%)</b>
Individual Studies	
Internal Documentation	5
Code quality (well formatted)	5
Completeness	5
Overall (including all classes and application)	
Internal documentation (using doxygen)	10
Overall code quality	10
Group work	15
Functionality (implemented and correctly running functionalities).	30
Report	20