



LHD İŞ MAKİNELERİNİN ÜRETİM KAPASİTELERİNİN C++ PROGRAMLAMA DİLİ İLE HESAPLANMASI

Eren YURDAKUL*, Cihan DOĞRUÖZ

Çankırı Karatekin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Çankırı, Türkiye

Anahtar Kelimeler

LHD,
C++ Programlama Dili,
Tünelcilik

Öz

LHD (yükle-taşı-boşalt) makineleri uzun yıllardır tünel açma endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu makineler enerji tüketimlerine ve teknik özelliklerine göre farklılıklar göstermektedir. Bu makineler kablolu ve dizel olmak üzere iki ana grupta sınıflandırılmaktadır. Tünel ayınarındaki hafriyatın taşınmasında sıklıkla LHD makineler kullanılmaktadır. Bu kullanım sırasında malzeme miktarı, nakliye süresi ve saatlik üretim gibi parametrelerin hesaplanması ve bu parametrelerin en kısa ve optimum koşullarda uygulanması gerekmektedir. Bu çalışmada, tünellerde LHD makinelerin kullanımı sırasında yapılan uygulamaların hesaplama süreleri C++ programlama dili tekniği ile kısaltılmıştır. Günümüzde mühendislik uygulamaları C++ programlama dili ile revize edilebilmektedir. Bu nedenle tünel açmada kullanılan iş makinelerinin uygulama sırasındaki performanslarının programlama dilleri ile desteklenmesi önem arz etmektedir. Bu sayede üretim hesabı kolaylaşmakta, hesaplama süresi kısalmaktadır. Teorik olarak elde edilen verilerin normal şartlarda manuel olarak hesaplanması uzun zaman alırken C++ programlama dili kullanıldığında kodların derleme süresi 0,39 sn sürmektedir. Çalıştırılan exe dosyası içerisinde hazır bulunan verilerin anlık olarak işlenmesi ve sonuçların alınması da giriş hızına bağlı olarak ortalama 1 sn ile 10 sn arasında değişmektedir.

CALCULATION OF PRODUCTION CAPACITIES OF LHD MACHINES BY UTILIZING C++ PROGRAMMING LANGUAGE

Keywords

LHD,
C++ Programming Language,
Tunneling.

Abstract

LHD machines have been widely used in the tunneling industry for many years. These machines differ according to their energy consumption and technical features. These machines are classified in two main groups as tethered, and diesel powered. LHD machines are frequently used for the transportation of earthwork in tunnel production grounds. During this utilization, parameters of amount of material, transport timing and hourly production should be calculated and these calculations should also be applied in the shortest and optimum conditions. In this study, the computation duration of the applications made during the use of LHD machines in tunnels has been reduced by C++ programming language technique. Today, engineering applications can be revised by using C++ programming language. Therefore, it is essential to support the performance of the construction machines used in tunneling during the application with coding. In this way, the production calculation becomes easier, and the calculation time is shortened. While manually calculating the obtained data takes a long time, using the C++ programming language, the compilation time is 0.39 seconds. Instantaneous processing of the data available in the exe file and the subsequent results can be obtained in 1 to 10 seconds, depending on the entry speed.

Alıntı / Cite

Yurdakul, E., Doğruöz, C., (2023). LHD İş Makinelerinin Üretim Kapasitelerinin C++ Kodlama Dili İle Hesaplanması, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 11(4), ppp-ppp.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

E. Yurdakul, 0000-0001-9633-5005
C. Doğruöz, 0000-0002-7487-4822

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	12.04.2023
Revizyon Tarihi / Revision Date	09.08.2023
Kabul Tarihi / Accepted Date	28.08.2023
Yayın Tarihi / Published Date	30.12.2023

* İlgili yazar / Corresponding author: erenyurdakul@karatekin.edu.tr, +90-376-218-9532

CALCULATION OF PRODUCTION CAPACITIES OF LHD MACHINES BY UTILIZING C++ CODING LANGUAGE

Eren Yurdakul[†], Cihan Doğruöz

Çankırı Karatekin University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department, Çankırı, Turkey

Highlights

- C++ programming language is very popular in all aspect of engineering applications.
- The code used in the study is presented.
- The program runs smoothly, and the processing speed of the data is quite high.
- The production capacity calculation becomes easier, and the duration becomes shorter.

Purpose and Scope

The aim of this study is to shorten the calculation time in applications during the use of LHD machines in tunnels.

Design/methodology/approach

In this study, the calculation of the production capacities of LHD construction machines used in tunneling and underground mining was adapted with the C++ programming language by applying the formulas used in classical methods.

Findings

The C++ programming language is proposed for the calculation of the production capacities of LHD construction machines used in tunneling and underground mining.

Practical implications

While the calculations made with classical methods take a long time under normal conditions, it has been determined that this time is considerably reduced with the proposed C++ programming language.

Originality

Today, C++ programming language is very popular in all aspect of engineering applications. Therefore, it is quite important to support the performance of the construction machines used in tunneling during the application with coding. Thus, the calculations become easier and the duration for the calculation become shorter.

[†] Corresponding author: erenyurdakul@karatekin.edu.tr, +90-376-218-9532

1. Giriş (Introduction)

Sert kayaç hafriyatı tünelcilikte ve yeraltında oldukça zor şartlarda gerçekleşmekte ve yüksek enerji tüketimlerine sebep olmaktadır. Arından koparılan malzemenin kamyonlara nakledilmesinde LHD (Yükle-Taşı-Boşalt) iş makinelerinin kullanımı son yıllarda artış göstermektedir. Delme patlatma ve galeri açma makinesi gibi yöntemlerin ardından gevşeyen malzemenin LHD iş makineleri ile nakledilmesi tercih edilmektedir. Günümüze kadar dizel motorlu ya da kablolu yüksek voltajlı LHD iş makineleri kullanılmaktayken, kapalı ortamlarda, tünellerde ve galerilerde gaz emisyonlarının insan sağlığına verdiği zararlardan dolayı elektrikli LHD'ler üretilmeye başlanmıştır. Bazı araştırmacılar LHD kullanımının son yıllarda daha da yaygınlaşacağını vurgulamıştır (Nieto, 2011).

Sert kayalarda malzemenin mukavim olması ekipmanların daha fazla enerji sarfiyatına sebep olmaktadır. Orta ve yumuşak sertlikte kayalar, sert kayaların üretilmesi ve taşınmasında daha düşük maliyetlidir. LHD'lerin kullanılmasında bu parametreler önem taşımaktadır. Ayrıca operatör eğitimi gibi teknik gereksinimler kaçınılmazdır. Bu gibi teknik sorunların giderilmesi için malzemenin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu sorunlardan önemli olanlarından bir tanesi de toz sorunudur. Üretim ve nakliye esnasında ortaya çıkan mikro büyüklükteki tozun giderilmesi gerekmektedir. Bir diğer sorun ise gürültü olmaktadır. Elektrikli üretilen LHD iş makineleri dizel ve kablolu türlere göre daha sessiz çalışmaktadır. Curry ve arkadaşları enerji maliyetlerini düşürmek için bazı çalışmalar yürütmüşlerdir (Curry vd., 2013).

Pek çok sektörde olduğu gibi tünelcilikte ve madencilikte de enerji maliyetleri işletmenin toplam maliyetlerine kıyasla en büyük payı teşkil etmektedir. Yeraltında gerçekleştirilen üretimlerde belirli bir yöntem belirlerken anlaşılması gereken yararlar ve riskler mevcuttur (Buchan, 1998). Dizel, kablolu ve elektrikli olmak üzere üç tip LHD iş makinelerinin pil durumlarının güçlü ve zayıf yönlerini belirlemek için performans çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Schatz vd., 2015). Görülmektedir ki, son yıllarda akü ile çalışan elektrik motorlu LHD'lerin sayısı artmaktadır. Tünel açmada kullanılan galeri açma makinelerinin kesme performanslarının etkileri ve aşınmaya karşı olan dirençleri ile ilgili bazı çalışmalar mevcuttur. Enerji sarfiyatını azaltmak için gerçekleştirilen bu çalışmalarda optimum performanslar ortaya çıkarılmıştır (Doğruöz, 2010). Bu sayede LHD'lerin de düşük enerji sarfiyatı ve temiz enerji kaynaklı üretimlerinin diğer iş makineleri ile uyumlu performans sergilemesi gerekli olmaktadır.

Malzeme nakliyesinde kullanılan LHD'lerin üretim kapasitelerinin saatlik, günlük, haftalık ve aylık gibi periyotlarda doğru teknikler ile hesaplanması son derece önem arz etmektedir. Ayrıca bu hesaplamaların maksimum verim ve minimum zamanda yapılması da çok önemlidir. LHD makinelerinin maliyet hesaplamaları ve kazı-hafriyat hesaplamaları bazı araştırmacılar tarafından çalışılmıştır (Elevli, 2009). Kazı performanslarının nakliye sürelerine etkileri, saatlik üretim kapasiteleri, malzeme cinsine bağlı enerji sarfiyatları ve buna benzer nakliye parametreleri de yapılan bazı çalışmalar sayesinde hesaplanabilmektedir (Bilgin vd. 2014).

Bu çalışmada malzeme nakliyesinde kullanılan LHD'lerin üretim kapasitelerinin saatlik hesaplanması C++ programlama dili ile gerçekleştirilmiştir. Belirli bir iş akışı ile mevcut formüller C++ programlama dili kullanılarak yapılmıştır. Yazılan kod ile LHD üretim kapasitesi, sefer süresi ve sayısı gibi parametreler hızlı bir şekilde ve hatasız olarak kolayca hesaplanabilmektedir.

2. LHD İş Makinelerine Genel Bakış (Overview of LHD Construction Equipment)

Tünelcilikte ve yeraltı madenciliğinde yer bulan yük taşı-boşalt iş makineleri arından gevşetilen hafriyat malzemesini ana galerilere iletmek için kullanılmaktadır. Bu makineler ekseriyetle yeraltı madenciliği için üretilmekte olup tünelcilikte de kullanılmaktadır. Yaygın olarak dizel ve kablolu yüksek voltajlı olarak üretilmektedir. Son yıllarda elektrikli üretilen bu makineler tünellerde ve galerilerde sıfır gaz emisyonuna sahip olması sebebiyle yaygın olarak tercih edilmektedir ve dizel motorlar yerini %100 elektrikli motorlara bırakmaktadır. Bu nakliye makineleri kapasiteleri ve güç ünitelerine göre sınıflandırılmaktadır. LHD nakliye makineleri enerji tüketimleri, güç kaynakları ve boyutlarına göre farklılıklar göstermektedir.

Yeraltında tercih edilen LHD iş makineleri genelde 52 kW motor gücüne sahiptir. Yüksek motor gücüne sahip LHD makineleri de mevcuttur. 52 kW'lık bir LHD iş makinesinin keçe kapasitesi 0,6 m³ olmaktadır. Bu makinelerin lastik ömrü ortalama 1500 saattir. Ortalama hızları ise 6 km/saat olarak değişmektedir (Elevli vd.,1996).

Çıkarılan malzemenin yoğunluğuna, miktarına ve diğer parametrelerine göre en uygun LHD seçimi gerçekleştirilebilmektedir. Genel olarak arından çıkarılan malzemeyi kamyonlara taşımada kullanılmaktadır. Bazı araştırmacılar LHD maliyetlerini düşürmek için modeller geliştirmişlerdir (Sayadi vd.,2011). Şekil 1'de elektrikli LHD iş makinesi görülmektedir. Bu makinenin maliyet ve duyarlılık analizleri Nieto ve arkadaşları tarafından

irdelenmiştir (Nieto vd., 2020).



Şekil 1. LHD yükleme-taşıma-boşaltma iş makinesi (Nieto vd., 2020) (LHD loading-hauling-dumping machine)

3. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

3.1. LHD Üretim Kapasitelerinin Klasik Yöntemle Hesaplanması (Mathematical Model)

LHD makinelerinin çalışma esnasında ortalama sabit ve işletme maliyetlerini belirlemek önemlidir. Makinenin çalışacağı yerdeki kat yüksekliği, malzeme kalınlığı, kat uzunluğu ve malzemenin yoğunluğu, malzeme miktarını ton cinsinden belirlemek için kullanılmaktadır. LHD'nin nakliye süresi ise ortalama nakliye mesafesinin ortalama hıza bölünmesi ile elde edilmektedir. Böylece, dakika cinsinden sefer başına süreye ulaşılmaktadır. Taşınan malzeme miktarı ise kepçe kapasitesi, kepçe dolma faktörü, malzeme yoğunluğu ve kabarma faktörünün çarpımı ile elde edilmektedir. Aşağıda bu parametrelerin formülleri verilmektedir (Doğruöz, 2020).

$$\text{Malzeme miktarı(ton)} = \text{Çalışma kat yüksekliği(m)} * \text{Malzeme kalınlığı(m)} * \text{Kat uzunluğu(m)} * \text{Yoğunluk(ton/m}^3\text{)} \quad (1)$$

$$\text{Nakliye süresi(dk/sefer)} = (\text{Ortalama nakliye mesafesi(m)} * 2 / \text{Ortalama hız (m)}) * 60 \quad (2)$$

$$\text{Doldurma ve manevralar (dk/sefer)} = 1 \text{ (alınırsa)}$$

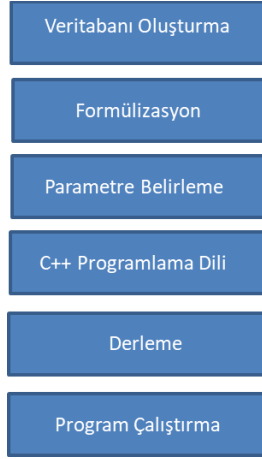
$$\text{Saatlik sefer sayısı} = 60 \text{ dk} / (\text{doldurma ve manevra} + \text{nakliye süresi}) \quad (3)$$

$$\text{Bir seferde taşınan malzeme miktarı (ton/sefer)} = \text{Kepçe kapasitesi (m}^3\text{)} * \text{Kepçe dolma faktörü (\%)} * [\text{Yoğunluk(ton/m}^3\text{)} * \text{Kabarma faktörü}] \quad (4)$$

$$\text{Saatlik üretim (ton/saat)} = \text{Saatlik sefer sayısı} * \text{Bir seferde taşınan malzeme miktarı} \quad (5)$$

3.2. LHD Üretim Kapasitelerinin C++ Kodlama Yöntemi ile Hesaplanması (Proposed Method)

C++ programlama dili mühendislik uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. 1979 yılından itibaren Bell laboratuvarlarında Bjarne Stroustrup tarafından geliştirilmeye başlanmıştır (Stroustrup, 1997). Bazı araştırmacılar C++ programlama dilinin nesne yönelimli bir dil olduğunu vurgulamaktadır. Ayrıca otomasyon kontrol yazılımı geliştirmede avantajlı olduğunu ve çoklu uygulama imkânı sağlayan bir dil olduğunu düşünmektedirler (Berman, 2007). Otomasyon kontrolü yazmak için son derece uygun bir dil olan C++ yeniden kullanılabilir arabirimler geliştirmek için optimum mekanizmalardır. Örneğin, programcılar kullanıma hazır grafikler veya kendi kütüphanelerini geliştirebilirler. Günümüzde iş makinelerinin üretim kapasitelerinin hesaplanmasında klasik yöntemler sıklıkla kullanılmaktadır. Gelişen teknoloji ve kodlama sistemlerinin mühendislik uygulamalarında kullanılmaya başlanmasıyla programcılık ve kodlama teknikleri klasik yöntemlerin yerini almaya başlamıştır. Bu sayede uygulamalarda kullanılan hesaplamalar kodlama yapılarak çok daha kısa sürede gerçekleşmekte ve daha kesin sonuçlar vermektedir. Ayrıca yeni modellerin de kurularak kodlama sayesinde sisteme entegrasyonu daha kolay olmaktadır. Yeni modüller eklenmesi, yeni hesaplamaların yapılması ve işlem kolaylığı açısından çok büyük avantajları olmaktadır. Bu çalışmada LHD iş makinelerinin saatlik üretim kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılan formüller, C++ programlama dili ile yeniden uygulanmıştır. C++ kullanılarak yapılan kodlama ile program sorunsuzca çalışmaktadır ve işlem hızı artmaktadır.



Şekil 2. LHD uygulamalarında C++ programlama dili ile oluşturulan iş akışı (Workflow by using C++ programming language in LHD applications)

Şekil 2’de görüldüğü üzere öncelikle programın doğru çalışması için iş akışının en uygun sırada oluşturulması gerekmektedir. C++ programlama dili kullanılarak derleyicide veri tabanı oluşturulur ve üretim kapasite hesabında kullanılan formüller yazılır. Daha sonra her bir parametre belirlenmektedir ve işlem sırasına göre C++ dilinde kodlar derleyicide yazılmaya başlanmaktadır. Kullanıcının girmesi gereken veriler; kat yüksekliği, malzeme kalınlığı, kat uzunluğu, yoğunluk, nakliye mesafesi, ortalama hız, nakliye süresi, doldurma ve manevra süresi, saatlik sefer sayısı, kepçe doldurma faktörü ve kabarma faktörü olarak belirlenmiştir (Doğruöz, 2020).

Kod yazma işlemi bittikten sonra programda derleme işlemi gerçekleştirilmektedir. 0,39 saniyede derleme işlemi gerçekleştirildikten sonra son olarak programın çalışıp çalışmadığı kontrol edilmektedir. Çalışan programa veriler manuel olarak girilir ve veri girme hızına bağlı olarak ortalama 1 sn ile 10 sn arasında sonuçlar alınır. Çalışma kapsamında kullanılan kod aşağıda sunulmaktadır;

```

#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{ setlocale(LC_ALL, "");
float a, b, c, d, e, f, h, s, Ns, m, Ts, kf, ka, Mm, St;
cout << "kat yüksekliğini giriniz :";
cin >> a; cout << "malzeme kalınlığını giriniz :";
cin >> b; cout << "kat uzunluğunu giriniz :";
cin >> c; cout << "yoğunluğunu giriniz :";
cin >> d; e = a * b * c * d ;
cout << "malzeme miktarı=" << e << "ton";
cout << "\n nakliye mesafesini giriniz :";
cin >> f;
cout << "ortalama hızı giriniz :";
cin >> h; s = h * 1000 ;
Ns = f *(2/s) *60 ;
cout << "nakliye süresi =" << Ns << "sn";
cout << "\n doldurma ve manevra süresini giriniz :";
cin >> m;
Ts = 60/(m + Ns);
cout << "saatlik sefer sayısı=" << Ts << "dk";
cout << "\n kepçe doldurma faktörünü giriniz :";
cin >> kf;
cout << "kabarma faktörünü giriniz :";
cin >> ka; Mm = b * kf * (d * ka);
cout << "\n bir seferde taşınan malzeme miktarı= " << Mm << " ton";
St = Ts * Mm;
cout << "\n saatlik üretim= " << St << " ton "; }
  
```

Şekil 3. C++ programlama dili ile LHD üretim hesabı kodlaması (LHD production calculation with C++ programming language)

Şekil 3’te görüldüğü üzere saatlik sefer sayısı 1 saat = 60 dakika olacak şekilde “Ts= 60/(m + Ns);” satırında

kodlanmıştır. Bu formülde olabilecek tüm çalışma süreleri dakika olarak değiştirilebilir ve kodlamada yerine yazılarak programlanabilmektedir. Bu sayede LHD'nin kaç dakika çalıştığına bağlı olarak sefer sayısı hesabı kolaylıkla yapılabilmektedir.

Algoritması oluşturulan programın C++ dilinde kodlaması yapılmaktadır. Şekil 4'te LHD makinesinin C++ dili kullanılarak DevC++ derleyicisinde programlanmış hali görülmektedir. C++ dilinde önce başlık dosyaları gelmektedir. Başlık dosyalarından sonra ana fonksiyonlar bulunmaktadır. Şekil 4'te gerçekleştirilen kodlamada tüm parametre girişleri yapılmıştır. Program sorunsuzca çalışmaktadır ve verilerin işlem hızı oldukça yüksektir.

```

1 #include <iostream>
2 using namespace std;
3 int main()
4 {
5     float a, b, c, d, e, f, h, s, Ns, m, Ts, kf, ka, Mm, St;
6     cout << "kat yuksekligini giriniz :";
7     cin >> a;
8     cout << "malzeme kalinligini giriniz :";
9     cin >> b;
10    cout << "kat uzunlugunu giriniz :";
11    cin >> c;
12    cout << "yogunlugunu giriniz :";
13    cin >> d;
14    e = a * b * c * d ;
15    cout << "malzeme miktarı=" << e << "ton";
16    cout << "\n nakliye mesafesini giriniz :";
17    cin >> f;
18    cout << "ortalama hizi giriniz :";
19    cin >> h;
20    s = h * 1000 ;
21    Ns = f * (2/5) * 60 ;
22    cout << "nakliye suresi =" << Ns << "sn";
23    cout << "\n doldurma ve manevra suresini giriniz :";
24    cin >> m;
25    Ts = 50 / (m + Ns);
26    cout << "saatlik sefer sayisi =" << Ts << "dk";
27    cout << "\n kepce doldurma faktorunu giriniz :";
28    cin >> kf;
29    cout << "kabarma faktorunu giriniz :";
30    cin >> ka;
31    Mm = b * kf * (d * ka);
32    cout << "\n bir seferde tasinan malzeme miktarı=" << Mm << " ton";
33    St = Ts * Mm;
34    cout << "\n saatlik uretim=" << St << " ton ";
35 }

```

```

kat yuksekligini giriniz :5
malzeme kalinligini giriniz :2.2
kat uzunlugunu giriniz :100
yogunlugunu giriniz :3.5
malzeme miktarı=3850ton
nakliye mesafesini giriniz :70
ortalama hizi giriniz :9
nakliye suresi =:0.933333sn
doldurma ve manevra suresini giriniz :1
saatlik sefer sayisi =25.8621dk
kepce doldurma faktorunu giriniz :0.90
kabarma faktorunu giriniz :0.75

bir seferde tasinan malzeme miktarı= 5.1975 ton
saatlik uretim= 134.418 ton
-----
Process exited after 68.15 seconds with return value 0
Press any key to continue . . .

```

Şekil 4. DevC++ derleyicisinde C++ programlama dili ile çalıştırılan program çıktısı (Output of program run with C++ programming language in DevC++ compiler)

LHD iş makinelerinin üretim kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılan kodlama tekniğinin çıktıları şekil 4'te örnek bir uygulama şeklinde verilmektedir. Görüldüğü üzere girdi değerlerine parametre girişleri sayısal olarak yapılmaktadır ve çok kısa sürede hesaplama gerçekleştirilmektedir. Mühendislik uygulamalarında zaman ve güvenilirlik unsurları çok önemlidir. Bilgisayar programcılığında C++ programlama dili ile hem kullanım kolaylığı açısından hem de kullanım tekniği açısından çok pratiktir.

4. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Günümüzde mühendislik uygulamalarının işlem hızını arttırmak ve çok daha kesin sonuçlara ulaşmak için gelişen teknoloji ile kodlama ve programcılık yöntemlerini kullanmak, kaçınılmaz olmaktadır. Bu sayede hesaplama süreleri çok kısalmakta ve her yeni hesaplama tekniği modüller eklenerek sisteme entegrasyonu sağlanmaktadır. Bu çalışmada tünelcilikte ve yeraltı madenciliğinde kullanılan LHD iş makinelerinin üretim kapasitelerinin hesaplanması, klasik yöntemlerde kullanılan formüller uygulanarak C++ programlama dili ile yeniden uyarlanmış ve literatüre katkı sağlanmıştır. Yazılan kod DevC++ derleyicisinde 0.45 sn gibi çok kısa bir sürede düzenlenmiş ve program hatasız çalışmıştır. Normal şartlarda klasik yöntemler ile yapılan hesaplamalar uzun sürmekteyken, kodlama tekniği ile bu sürenin oldukça azaldığı saptanmıştır. İşlem hızı ve hacmi artarak üretim kapasite hesabı kolayca gerçekleştirilmektedir. Ayrıca C++ programlama dili kullanım kolaylığı açısından ve kullanıcı dostu bir programcılık dili olduğu için mühendislik uygulamalarında son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Her programcılık dilinin kendine özgü kolaylığı mevcuttur. C++ programlama dili de kendi içinde fonksiyon yazma ve çalıştırma açısından kolaylık sağlamaktadır.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the

authors.

Kaynaklar (References)

- Berman, Russel T., 2007. Using C++ to Write Automation Controller Software. Slas Technology, Elsevier, 12(1), 12-16.
- Bilgin N., Copur, H. ve Balci C., 2014. Mechanical Excavation in Mining and Civil Industries. CRC Press, Taylor-Francis Group, London.
- Buchan, G., 1998. Long panels for Longwall mining at Cyprus Twentymile Coal. Mining Engineering, 50, 21-27.
- Curry, J.A., Ismay M.J.L., Jameson G.J., 2014. Mine operating costs and the potential impacts of energy and grinding. Minerals Engineering, 56, 70-80.
- Doğruöz, C., 2010. Effect of pick blunting on cutting performance for weak-moderate rocks. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 164s., Ankara.
- Doğruöz, C., 2020. Yeraltı Yapılarında Kullanılan İş Makineleri Çözümlü Problemler, Nobel Yayın Dağıtım, 2.Basım.
- Elevli B., Demirci A. ve Sül Ö.L. 1996. Taban ve Tavan Arınlı Dolgulu Üretim Yöntemlerinde Lhd Kullanımın Üretim Maliyeti Üzerindeki Etkileri Ve Maliyetlerin Tesbit Edilmesine Yaklaşımlar. Madencilik Dergisi, 35(2).
- Elevli, B., 2009. Maden Makineleri Yeraltı Maden İşletmeleri. Nobel Yayın Dağıtım, 2.Baskı.
- Nieto, A., 2011. SME mining engineering handbook. 3rd edition.
- Nieto, A., Schatz, R., Dogruoz, C., 2020. Performance analysis of electric and diesel equipment for battery replacement of tethered LHD vehicles in underground mining. Mining Technology, 129(4), 1-8.
- Sayadi, A.R., Lashgari, A., Paraszcak, J., 2012. Hard-rock LHD cost estimation using single and multiple regressions based on principal component analysis. Tunnelling Underground Space Technology, 27(1).
- Schatz, R., Nieto, A., Dogruoz, C., Lvov, S., 2015. Using modern battery systems in Light duty vehicles. Int J Mining Reclam Environ., 29(4), 243-265.
- Stroustrup, B., 1997. The C++ Programming Language. 3rd edition.