

UOT 629.5.015.2:004.942

GƏMİ İNTERYER OBYEKTlərİNİN AĞIRLIQ MƏRKƏZİNİN HESABLANMASI ÜÇÜN RHINOCEROS 3D-də PYTHON SKRİPTİN TƏTBİQİ İMKANLARININ ARAŞDIRILMASI

Xankişiyev İ.A., Paşazadə S.Q., Həməzəyev X.Q.

“Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası” PHŞ
Az1000, Bakı şəh., Z. Əliyeva küç., 18

E-mail: isaq.xankishiyev@asco.az, pasazade.selim@gmail.com, khaganihamzayev@gmail.com

Xülasə. Bu məqalədə gəmi interyerində yerləşdirilən mebel obyektlərinin ağırlıq mərkəzinin (Center of Gravity – CG) yüksək dəqiqliklə və operativ şəkildə hesablanması məqsədilə Rhinoceros 3D mühitində hazırlanmış, süni intellekt (Artificial Intelligence – AI) dəstəyi ilə optimallaşdırılmış Python skripti təqdim olunur. Təklif olunan alqoritm seçilmiş obyektlərin həcm və kütləsini avtomatik müəyyənləşdirir, hər bir obyektin uzununa (Longitudinal Center of Gravity – LCG), eninə (Transverse Center of Gravity – TCG) və hündürlük üzrə (Vertical Center of Gravity – VCG) koordinatlarını hesablamaqla qrup üzrə ümumi ağırlıq mərkəzini çıxarır. Hesablama nəticələri, Python-un openpyxl kitabxanası vasitəsilə Excel formatında ixrac edilir ki, bu da məlumatların digər hesablama və analiz sistemləri ilə integrasiyasını asanlaşdırır. Məqalədə metodologiyanın mərhələləri, istifadə olunan proqram təminatı və kitabxanalar (Rhinoceros 3D, Python, openpyxl, AI) detallı şəkildə təsvir edilir, skriptin funksional strukturu kod nümunələri ilə dəstəklənir. Təcrübə mərhələsində nümunə mebel dəsti üzərində aparılmış hesablama nəticələri təqdim edilərək, skriptin ənənəvi manual üsullarla müqayisədə hesablama sürəti, dəqiqliyi və resurs qənaəti baxımından üstünlükləri müzakirə olunur. Alınan nəticələr gəmi dizaynında interyer avadanlıqlarının kütlə paylanması optimallaşdırılmasına mühüm töhfə verir.

Abstract. This paper presents a Python script developed within the Rhinoceros 3D environment, optimized with Artificial Intelligence (AI) support, for accurate and efficient calculation of the Center of Gravity (CG) of furniture objects installed in ship interiors. The proposed algorithm automatically determines the volume and mass of selected objects, calculates their Longitudinal Center of Gravity (LCG), Transverse Center of Gravity (TCG), and Vertical Center of Gravity (VCG) coordinates, and subsequently computes the overall CG of the group. Calculation results are exported in Excel format via the openpyxl library, facilitating integration with other computational systems. The methodology stages, software tools, and libraries used (Rhinoceros 3D, Python, openpyxl, AI) are described in detail, with code snippets illustrating the functional structure of the script. Case studies on a sample furniture set demonstrate the script's advantages in terms of calculation speed, accuracy, and resource efficiency compared to traditional manual methods. The findings provide significant contributions to optimizing mass distribution of interior equipment in ship design.

Аннотация. В данной статье представлен Python-скрипт, разработанный в среде Rhinoceros 3D и оптимизированный с поддержкой искусственного интеллекта (ИИ), для точного и оперативного вычисления центра тяжести (Center of Gravity – CG) мебели, установленной в интерьере судна. Предложенный алгоритм автоматически определяет объем и массу выбранных объектов, рассчитывает их продольный (Longitudinal Center of Gravity – LCG), поперечный (Transverse Center of Gravity – TCG) и вертикальный (Vertical Center of Gravity – VCG) центры тяжести, а затем вычисляет общий центр тяжести группы объектов. Результаты вычислений экспортируются в формат Excel с помощью библиотеки openpyxl, что облегчает интеграцию с другими вычислительными системами.

В статье подробно описаны этапы методологии, используемое программное обеспечение и библиотеки (Rhinceros 3D, Python, openpyxl, III), а также функциональная структура скрипта с примерами кода. На примере набора мебели представлены результаты расчетов, демонстрирующие преимущества скрипта по сравнению с традиционными ручными методами в части скорости, точности и экономии ресурсов. Полученные результаты вносят значительный вклад в оптимизацию распределения массы интерьерного оборудования при проектировании судов.

Açar sözlər: Rhinceros 3D, Python, openpyxl, ağırlıq mərkəzi, gəmi interyeri, mebel, Excel

Key words: Rhinceros 3D, Python, openpyxl, center of gravity, ship interior, furniture, Excel

Ключевые слова: Rhinceros 3D, Python, openpyxl, центр тяжести, интерьер судна, мебель, Excel

Giriş. Gəmi layihələndirilməsində obyektlərin ağırlıq mərkəzinin (Center of Gravity – CG) dəqiq müəyyənəşdirilməsi gəminin dayanıqlığının təmin olunması baxımından kritik əhəmiyyət daşıyır [1]. Obyektlərdən ibarət sistem üçün ümumi CG, hər bir obyektin kütləsinin onun koordinatları ilə vurulmuş momentlərinin cəminin ümumi kütləyə bölünməsi ilə hesablanır [1]. Gəmi interyerində yerləşdirilən mebel kimi əlavə kütlələr gəminin trim və ya qarşı təsir edən momentlərinin formalaşmasında mühüm rol oynayır. Xüsusilə, aşağı yerləşən CG gəminin düzəlmə momentini artıraraq dayanıqlığını yaxşılaşdırır [1]. Lakin çoxsaylı obyektlərin manual üsulla hesablanması vaxt itkisinə səbəb olmaqla yanaşı, hesablama səhvlərinin artmasına gətirib çıxarır. Bu səbəbdən, Rhinceros 3D mühitində Python skriptinin tətbiqi mühəndislik dizayn prosesinin səmərəliliyini artırmaq məqsədilə aktualdır. Belə ki, dizayn mərhələsində obyektlərin ağırlıq mərkəzinin operativ və dəqiq hesablanması layihələndirmə prosesini optimallaşdırır. Təklif olunan skript, obyektlərin uzununa (LCG), eninə (TCG) və hündürlük üzrə (VCG) koordinat sistemində yerləşməsinə nəzərə alaraq qrupun ümumi ağırlıq mərkəzinə müəyyən edir.

Əsas hissə. Bu işin əsas məqsədi gəmi interyerində istifadə olunan mebel obyektlərinin ağırlıq mərkəzinin avtomatik hesablanması üçün alətin hazırlanmasıdır. Qarşıya qoyulan əsas tapşırıqlar aşağıdakılardır: (1) Rhino 3D mühitində Python skripti vasitəsilə seçilmiş obyektlərin həcm hesabının aparılması, sıxlıq parametri əsasında kütləyə çevrilməsi və müvafiq həcmi mərkəz koordinatlarının çıxarılması; (2) əldə olunan nəticələrin openpyxl kitabxanası vasitəsilə Excel sənədinə ixracı; (3) manual hesablama ilə müqayisədə prosesin sürətləndirilməsi və hesablama səhvlərinin minimuma endirilməsi. Skript çərçivəsində obyektlərin seçilməsi, hər bir obyektin uzununa (LCG), eninə (TCG) və şaquli (VCG) istiqamətlər üzrə koordinatlarının hesablanması və yekun ümumi CG-nın təyini funksional şəkildə təmin edilir. Həmçinin, Python kodunda Rhinonun VolumeMassProperties və SurfaceVolume metodlarından istifadə olunması planlaşdırılır ki, bu da Rhino geometrik obyektlərindən həcm və kütləvi mərkəz məlumatlarının effektiv şəkildə əldə edilməsinə imkan yaradır. Skript, obyektlərin kütlələrinə görə ümumi (LCG, TCG, VCG) koordinatlarını hesablamaqla konstruktorlara avadanlıqların balansını qiymətləndirmək imkanı təqdim edir.

İşdə Rhinceros 3D ilə Python inteqrasiyası tətbiq olunmuşdur. Həcm və kütləvi mərkəzin hesablanması üçün RhinoScriptSyntax funksiyaları və RhinoCommon siniflərindən geniş istifadə edilmişdir. Məsələn, rs.SurfaceVolume(object_id) funksiyası bağlı səthin həcmi hesablayır [2, 6], rs.SurfaceVolumeCentroid(object_id) isə həmin səthin həcmi (ağırlıq) mərkəzinə müəyyən edir [3]. Bundan əlavə, Rhino.Geometry.VolumeMassProperties sinfi obyektin həcm və həcm mərkəzinə əldə etməyə imkan verir [4].

Skript aşağıdakı ardıcılıqla işləyir:

- 1. Obyektlərin seçimi:** İstifadəçi Rhino səhnəsindən mebel obyektlərini seçir.
- 2. Sıxlığın təyini:** Seçilmiş obyektin materialına uyğun sıxlıq təyin olunur.

3. Həcm hesabı və kütləyə çevirmə: Hər bir obyekt üçün həcm, qeyd olunmuş sıxlıq əsasında Python funksiyaları ilə hesablanır (məsələn, `massprop = rs. SurfaceVolume(obj)` və ya `VolumeMassProperties.Compute`). Əldə olunan həcm ρ sıxlıq göstəricisi (məsələn, 540 kg/m^3) ilə vurularaq obyektin kütləsi müəyyən edilir.

4. Həcmi mərkəz koordinatları: Hər bir obyektin LCG (Longitudinal Center of Gravity), TCG (Transverse Center of Gravity) və VCG (Vertical Center of Gravity) koordinatları onun həcmi mərkəz nöqtəsi kimi təyin olunur (`centroid = rs. SurfaceVolume Centroid (obj)[0]` və ya `mp.Centroid`).

5. Ümumi CG hesabı: Bütün obyektlərin kütlə və koordinat məlumatlarından istifadə edilərək ümumi CG koordinatları hesablanır. Məsələn, uzununa (LCG) ox üzrə ümumi ağırlıq mərkəzi aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$LCG = \frac{\sum_i m_i x_i}{\sum_i m_i}, \quad (1)$$

burada m_i – i-nömrəli obyektin kütləsi, x_i — onun LCG koordinatı. Analoji formulalar TCG və VCG koordinatları üçün də tətbiq edilir [1]. Bu yanaşma CG-nin momentlərinin ümumi kütləyə nisbəti kimi hesablanmasını əks etdirir.

6. Nəticələrin Excel-ə yazılması: Python skripti `openpyxl` kitabxanasından istifadə etməklə hesablanmış nəticələri Excel faylına ixrac edir. `openpyxl` Python mühitində Excel 2010 (.xlsx) formatlı fayllar üzərində oxuma və yazma funksionallığını təmin edən güclü bir kitabxanadır [5]. Skriptdə nümunə olaraq aşağıda təqdim etdiyimiz kod hissəsi istifadə olunur:

```
7. from openpyxl import Workbook
wb = Workbook()
sheet = wb.active
# Başlıqlar
sheet.append(["Obyekt", "Həcm (m³)", "Kütlə (kg)", "LCG (m)", "TCG (m)", "VCG (m)"])
# Hər obyekt üçün nəticələr əlavə olunur
# ...
# Nəticə cədvəli saxlanılır
wb.save("CG_neticeleri.xlsx")
```

Beləliklə, skript `VolumeMassProperties` və ya `SurfaceVolume` vasitəsilə obyektlərin həcmi müəyyən edir, hər bir obyektin kütləsini hesablayır və sonrakı mərhələdə `openpyxl` kitabxanası ilə hesablama nəticələrini Excel sənədinə ixrac edir. Bu yanaşma `Rhinoceros 3D` əsaslı dizayn prosesinə birbaşa inteqrasiya olunmuşdur. Kodun əsas funksionallıqları və istifadə olunan riyazi formulalar yuxarıda təqdim edilmişdir.

Praktiki tətbiq. Skriptdən əldə olunan nəticələri qiymətləndirmək məqsədilə nümunə kimi gəminin yaşayış və xidməti yerlərində yerləşdirilmiş mebel dəsti götürülmüşdür. Cədvəldə hər bir obyektin həcm, kütlə və fərdi ağırlıq mərkəzi koordinatları təqdim edilmişdir (həcm hesablama-larında sıxlıq 540 kg/m^3 götürülmüşdür). Məsələn, birinci masa obyektinin həcmi 0.043 m^3 , kütləsi 23.047 kg , $LCG=18.367 \text{ m}$, $TCG=1.166 \text{ m}$, $VCG=1.747 \text{ m}$ kimi müəyyən edilmişdir.

Cədvəldə göründüyü kimi, obyektlərin ümumi kütləsi 350.89 kq (təqribən 0.351 ton) təşkil etmiş, ümumi ağırlıq mərkəzi isə $LCG=18.926 \text{ m}$, $TCG=0.012 \text{ m}$ və $VCG=1.876 \text{ m}$ kimi müəyyən edilmişdir. Bu nəticələr avtomatlaşdırılmış skript tərəfindən əldə olunmuş, manual hesablama ilə müqayisədə yüksək uyğunluq göstərmişdir.

Hazırlanmış skript manual üsullarla müqayisədə bir neçə mühüm üstünlük təqdim edir. İlk növbədə, skript böyük obyekt qrupları üzərində çox daha sürətli işləyir – bir neçə obyektin həcm və CG-nin hesablanması saniyələr ərzində həyata keçirilir. Manual hesablamalarda isə hər bir obyekt üçün ayrıca işləmək vaxt itkisinə və insan faktoru səbəbindən xətalara artmasına gətirib

çıxarır. İkinci üstünlük hesablama dəqiqliyindədir; riyazi formullara əsaslanan avtomatlaşdırılmış yanaşma insan faktoru səbəbindən yaranan xətalara minimallaşdırır. Üçüncüsü, “openpyxl” kitabxanası vasitəsilə Excel formatında ixrac funksiyası nəticələrin digər proqramlarda asanlıqla təkrar istifadəsinə və analizinə imkan yaradır. Bu isə mühəndislərə və konstruktorlara obyektlərin kütlə paylanmasını dərinlən analiz edib, zəruri hallarda optimallaşdırmalar aparmaq üçün effektiv alət təqdim edir.

Mebel obyektlərinin həcmi, kütləsi və fərdi CG koordinatları, eləcə də ümumi kütlə və ümumi CG (LCG, TCG, VCG)

Obyekt	Həcm (m ³)	Kütlə (kg)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Masa 1	0.043	23.05	18.367	1.166	1.747
Şkaf 1	0.133	71.96	18.399	2.729	2.264
Masa 1	0.127	68.40	19.675	2.729	1.529
Dönən stul 1	0.023	12.24	18.886	1.146	1.778
Masa 2	0.043	23.05	18.367	-1.070	1.747
Dönən stul 2	0.023	12.24	18.886	-1.055	1.778
Şkaf 2	0.133	71.96	18.399	-2.729	2.264
Masa 2	0.126	67.99	19.675	-2.731	1.528
Toplam	—	350.89	18.926	0.012	1.876

Nəticə. Aparılmış tədqiqat və təcrübələr nəticəsində hazırlanmış Python skripti gəmi interyerində yerləşdirilmiş konstruktiv elementlərin və mebel avadanlıqlarının ağırlıq mərkəzinin dəqiq və sürətli şəkildə müəyyən edilməsini təmin etmişdir. Rhinoceros 3D mühiti ilə Python skriptinin inteqrasiyası mühəndis-texniki əməyin həcmi azaldaraq hesablama proseslərini tam avtomatlaşdırmış və layihələndirmə mərhələsinin səmərəliliyini artırmışdır.

Ənənəvi manual üsullarla müqayisədə, çoxsaylı obyektlərin həcm, kütlə və kütləvi mərkəz koordinatlarının müəyyən olunması üçün tələb olunan vaxt əhəmiyyətli dərəcədə azalmışdır. Məsələn, 50-yə qədər obyektin manual hesablaması saatlarla vaxt apararkən, skript vasitəsilə eyni əməliyyatlar saniyələr içində başa çatdırılmışdır. Bu isə layihə müddətlərinin optimallaşdırılması, insan faktorundan irəli gələn xətalara aradan qaldırılması və nəticələrin geniş yayılmış Excel formatında əldə olunması kimi mühüm üstünlüklər gətirmişdir.

Metodun tətbiqi layihə mərhələsində interyer avadanlıqlarının kütlə paylanmasının və gəminin ümumi dayanıqlılığına təsirinin operativ qiymətləndirilməsinə şərait yaratmışdır. Bu isə gəminin ilkin dayanıqlılığının proqnozlaşdırılması və optimallaşdırılmasına imkan verir. Gələcək tədqiqat istiqamətləri kimi skript funksionallığının genişləndirilməsi, müxtəlif material sıxlıqlarının avtomatik tətbiqi, obyektlərin qruplaşdırılması və nəticələrin qrafik vizuallaşdırılması nəzərdə tutulur. Belə avtomatlaşdırılmış yanaşma gəmiqayırma sənayesində CAD əsaslı mühəndislik işlərinin vaxt və resurs baxımından effektivliyini əhəmiyyətli dərəcədə artırır.

Bu iş Azərbaycan Elm Fondunun maliyyə dəstəyi ilə yerinə yetirilmişdir – Qrant № AEF-MGC-2024-2(50)-16/01/1-M-01

Ədəbiyyat

1. Fish W., Papanikolas F. Ship Stability. Mermaid Consultants [online]. – Available: <https://www.mermaid-consultants.com/ship-stability.html> (Accessed: 13.08.2025).
2. RhinoScriptSyntax – SurfaceVolume və SurfaceVolumeCentroid funksiyaları. Rhino Developer Documentation. [online]. – Available:
3. <https://developer.rhino3d.com/api/RhinoScriptSyntax/> (Accessed: 13.08.2025).
4. Rhino.Geometry.VolumeMassProperties sinfi. Rhino Developer Documentation. [online]. – Available: <https://developer.rhino3d.com/api/rhinocommon/rhino.geometry.volumemassproperties> (Accessed: 13.08.2025).

5. Using Python Packages, Rhino Developer Guides (Rhino 7) – openpyxl dəstəyi. [online]. – Available: <https://developer.rhino3d.com/guides/rhinopython/python-packages/> (Accessed: 13.08.2025).
6. Christopher Botha, Steve Baer. Simpler way to get Centroid of multiple items. McNeel Forum. [online]. – Available: <https://discourse.mcneel.com/t/simpler-way-to-get-centroid-of-multiple-items/39789> (Accessed: 13.08.2025).
7. Xankişiyev, İ.A. Additiv texnologiya ilə çap edilmiş polimer materialların müxtəlif istismar rejimlərində mexaniki xassələrinin tədqiqi / İ.A. Xankişiyev, S.Q. Paşazadə, X.Q. Həmzəyev //Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi Əsərləri, Bakı – 2025, – №1, – s. 60-66

Məqalə qəbul olunub: 29.10.25
Təvsiyə edib: prof. Məmmədov A.T.