

# PROGRAMAREA ȘI SIMULAREA OFFLINE A UNEI CELULE ROBOTIZATE DE PALETIZARE INTEGRÂND DOI ROBOȚI DE TIP BRAȚ ARTICULAT ÎN MEDIUL DE LUCRU ABB ROBOT STUDIO

CIUCULETE Cosmin-Mihai<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultatea: IMST, Specializarea: Robotică, Anul de studii: I, e-mail: [ciuculetecosmin@gmail.com](mailto:ciuculetecosmin@gmail.com)

Conducător științific: Prof. dr. ing. **Adrian NICOLESCU**

*REZUMAT: În cadrul acestei lucrări s-a realizat sinteza 3D asistată de calculator a unei celule complete de paletizare robotizată având ca punct referință analiza comparativă a mai multor celule robotizate similare care sunt destinate aceluiași scop. Modelul virtual 3D a fost integrat într-un mediu de lucru dedicat, denumit ABB Robot Studio, în vederea efectuării unui studiu preliminar al posibilităților de programare și simulare offline. În acest scop au fost detaliate și ilustrate pas cu pas etapele principale de lucru cu această aplicație, plecând de la introducerea componentelor celulei robotizate și poziționarea acestora în spațiul de lucru, urmată de generarea de traiectorii și crearea programului de lucru în mediul de lucru ABB Robot Studio.*

*CUVINTE CHEIE: programare-simulare offline, celulă robotizată de paletizare, ABB Robot Studio.*

## 1. Introducere

Paletizarea reprezintă operația de dispunere volumică ordonată, în plan orizontal (sub formă de straturi cu înălțime omogenă) și pe verticală (sub formă de straturi multiple) pe dispozitive de transport standardizate denumite paleți, a diferitelor categorii de obiecte (produse ambalate în cutii de carton cu formă paralelipipedică, saci cu material vrac de tip granule sau pulberi, seturi de obiecte multiple preînfoliolate – sticle cu apă / ulei etc.) manipulate individual sau în grup de către roboți industriali sau mașini automate de paletizare. Paletizarea se realizează pe paleți cu dimensiuni reglementate prin standard internațional pentru a se facilita unificarea condițiilor de stocare, transport și manipulare a acestora. [1]

Celulele și sistemele de fabricație robotizată dedicate realizării operațiilor de paletizare au o structură diversificată, configurația specifică a acestora și scalarea sistemelor fiind dictate de necesitățile specifice ale fluxurilor de producție și ale beneficiarilor unde se implementează aceste sisteme. În acest sens, deși nu există soluții “standard” preconfigurate de realizare a unor astfel de sisteme, se pot totuși identifica câteva categorii majore de structuri cu frecvență maximă de apariție în aplicațiile de paletizare, o parte dintre acestea fiind prezentate în continuare [1]: aplicație de paletizare a unui singur tip de produs, cu un singur conveior de aprovizionare și un conveior de ieșire a produselor paletizate; aplicație robotizată cu un singur conveior de aprovizionare și două conveioare de paletizare; aplicație robotizată pentru paletizarea a trei tipuri de produse și un singur conveior de paletizare; aplicație robotizată de paletizare cu trei conveioare de aprovizionare și trei conveioare de paletizare; aplicație de paletizare cu două intrări și două ieșiri.

## 2. Stadiul actual

În vederea dezvoltării modelului 3D virtual al aplicației robotizate de paletizare s-a început prin analizarea aplicațiilor similare din domeniu, apoi s-a realizat o celulă proprie care a fost programată și simulată offline prin intermediul mediului de lucru ABB Robot Studio.

## 2.1. Celule de paletizare similare celei de proiectat

În figura 1 este prezentată o celulă de paletizare modulară foarte flexibilă care poate fi adaptată cu ușurință pentru aproape orice amplasament dintr-o fabrică. Natura modulară a acestei celule îi oferă o versatilitate excelentă, părțile sale componente putând fi rearanjate dintr-o poziție într-alta a celulei cu ușurință deoarece au dimensiuni similare. În cadrul acesteia sunt integrați roboți de tip braț articulat cu arhitectură generală produși de firma FANUC ceea ce garantează performanțe sporite din punctul de vedere al vitezei de paletizare și al sarcinii portante ridicate. De asemenea, tot datorită faptului că celula este modulară, aceasta poate fi echipată cu mai mulți roboți industriali sau mai multe intrări/ ieșiri la cererea clientului. Efectorul cu care este echipat robotul este unul de paletizare polifuncțional, acesta fiind capabil să manipuleze atât obiectele (cutiile) de paletizat cât și paletul și separatoarele.



Figura 1. Celulă de paletizare modulară. [2]

În figura 2 poate fi observată o celulă care reprezintă o soluție proprie a firmei Pearson Packaging Systems, personalizată pentru a se potrivi unor cerințe de proiect specifice și unui amplasament anume în fabrică. Celula dispune de un robot industrial de tip braț articulat dedicat operațiilor de paletizare care are atașat un efectuator multifuncțional special ce permite celulei să acomodeze o gamă destul de largă de produse și scheme de paletizare.



Figura 2. Celulă de paletizare produsă de Pearson Packaging Systems. [3]

Celula aleasă ca model de referință este prezentată în figura 3. Aceasta prezintă o flexibilitate sporită în comparație cu celulele tratate anterior datorită numărului mare de conveioare de intrare și a structurii speciale a efectorilor polifuncționali montați pe cei doi roboți prezenți în aceasta. Roboții industriali utilizați sunt produși de firma ABB, având o arhitectură de tip braț articulată cu 6 axe comandate numeric și tipodimensiunea IRB 6640. Aceștia sunt caracterizați de un spațiu de lucru mare (raza maximă de lucru este de 3200 mm), viteze de mișcare mari având în vedere gabaritul și masa acestora (1400 kg), o sarcină portantă destul de mare (130 kg) și o repetabilitate de  $\pm 0.07$  mm la poziționare și  $\pm 0.7$  mm pe traiectorie. Efectorul cu care sunt echipați roboții este unul polifuncțional, capabil să prindă și să manevreze obiecte prismatice de diferite dimensiuni (prin intermediul unei soluții vacumatice combinată cu un sistem de strângere mecanic, cu bride rotative acționate pneumatic), putând să manevreze și separatoarele.



Figura 3. Modelul de referință pentru celula proiectată. [4]

## 2.2. Variante constructive similare de roboți industriali pentru operații de paletizare

S-a realizat un studiu comparativ a mai multor tipodimensiuni de RI care pot fi integrați în aplicația de paletizare ce urmează a fi programată și simulată în mediul de lucru ABB Robot Studio, modelele studiate fiind prezentate în figura 4 astfel: a-ABB IRB 6640, b-FANUC R-2000iC, c-Kawasaki BX130X, d-Yaskawa MH180, e-Kuka KR 120; caracteristicile acestora fiind expuse în tabelul 1. Robotul ales pentru celula proiectată este ABB IRB 6640.

**Tabel 1. Caracteristicile tehnice ale modelelor de RI analizați**

Model	IRB 6640 130/3.2	R-2000iC/165F	BX130X	MH180	KR 120 R2900
Parametru					
Nr. axe CN	6	6	6	6	6
Sarcină portantă [kg]	130	165	130	180	120
Întindere maximă [mm]	3200	2655	2991	2702	2896
Repetabilitate	$\pm 0.07$ mm	$\pm 0.05$	$\pm 0.2$	$\pm 0.2$	$\pm 0.06$
Montare	La podea	La podea	La podea	La podea	La podea
Controler	IRC5	R30iB	E02	DX200	KR C4
Masă [kg]	1310	1090	970	970	1084

Limite de cursă pentru fiecare axă CN					
Axa 1	+170°/-170°	370°	±160°	±180°	±185°
Axa 2	+85°/-65°	136°	+76°/-60°	+76°/-60°	-140°/-5°
Axa 3	+70°/-180°	312°	+90°/-75°	+90°/-147°	- 120°/+155°
Axa 4	+300°/-300°	720°	±210°	±360°	±350°
Axa 5	+120°/-120°	250°	±125°	±130°	±125°
Axa 6	+360°/-360°	720°	±210°	±360°	±350°
Viteze radiale maxime pentru fiecare axă CN					
Axa 1	100°/s	130°/s	105°/s	125°/s	123°/s
Axa 2	90°/s	115°/s	90°/s	115°/s	115°/s
Axa 3	90°/s	125°/s	130°/s	125°/s	120°/s
Axa 4	170°/s	180°/s	200°/s	182°/s	292°/s
Axa 5	120°/s	180°/s	160°/s	175°/s	258°/s
Axa 6	190°/s	260°/s	300°/s	265°/s	284°/s



Figura 4. Tipodimensiunile de roboți studiați.

### 2.3. Programarea și simularea offline a celei de paletizare

În figura 5 este prezentată interfața mediului de lucru și principalele zone funcționale ale acesteia.

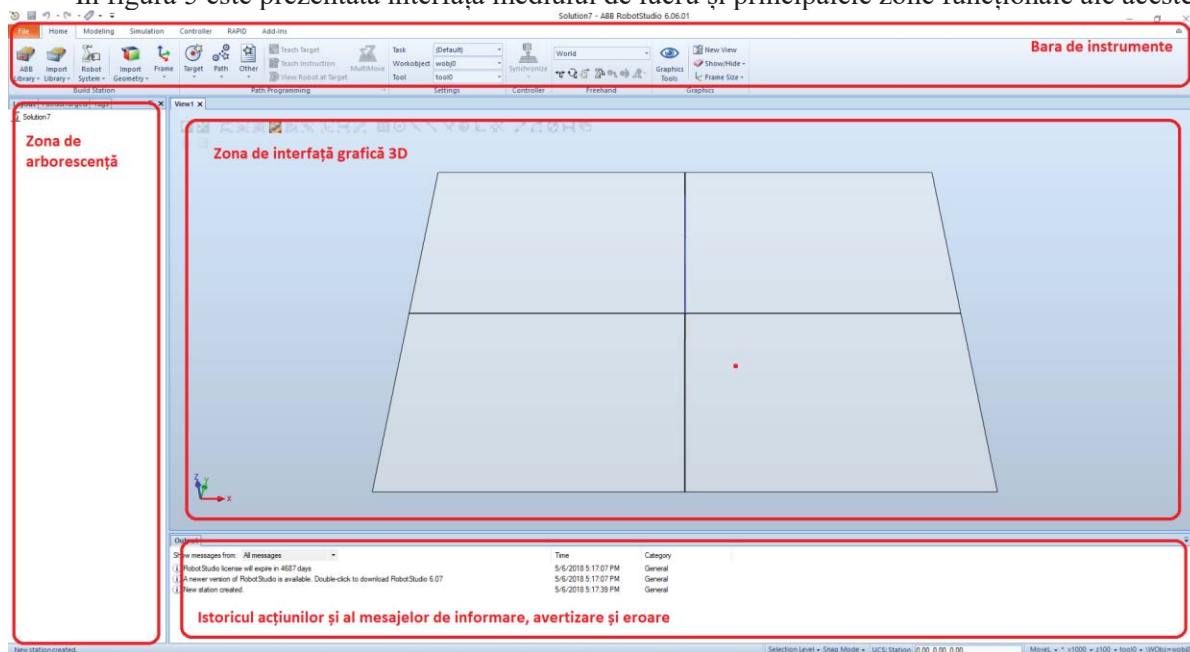


Figura 5. Interfața mediului de lucru ABB Robot Studio.



S-a inceput prin introducerea modelului 3D al celulei în ABB Robot Studio în formatul nativ SLDASM utilizat de aplicația SolidWorks în care a fost creat ansamblul celulei în cadrul proiectului de diplomă (figura 6).

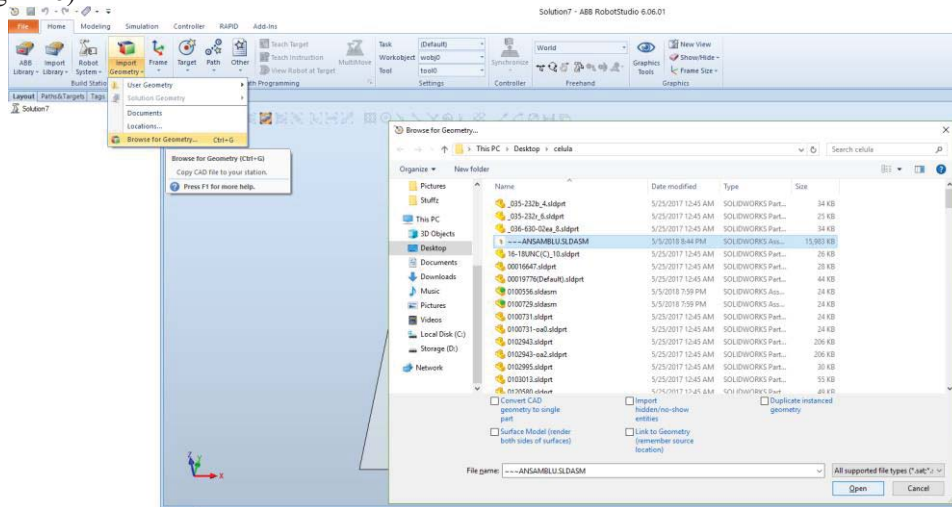


Figura 6. Introducerea geometriei în mediul de lucru.

Urmează a fi introduși roboții industriali din biblioteca programului, apoi aceștia sunt poziționați cu ajutorul comenzii Position-> Place-> Two Points (figura 7).

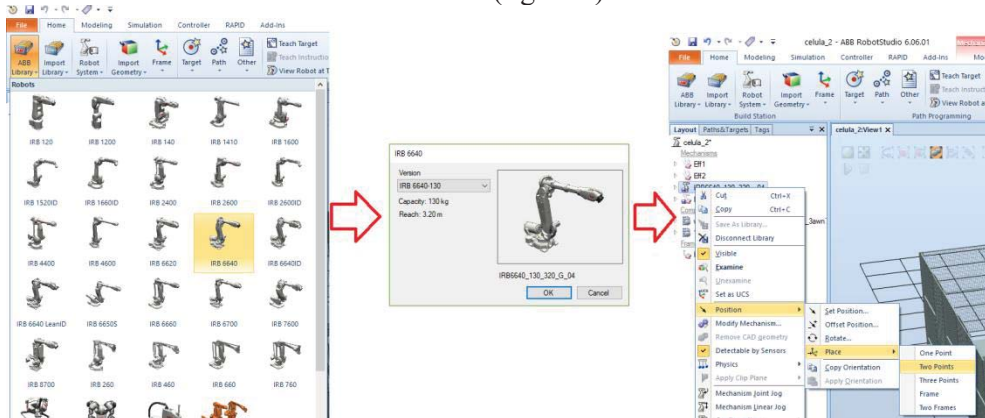


Figura 7. Introducerea și poziționarea roboților.

În continuare s-a introdus modelul 3D al efecteurului de paletizare, I s-a setat referința și s-a creat un cadru care va fi folosit ulterior ca punct caracteristic (figura 8).

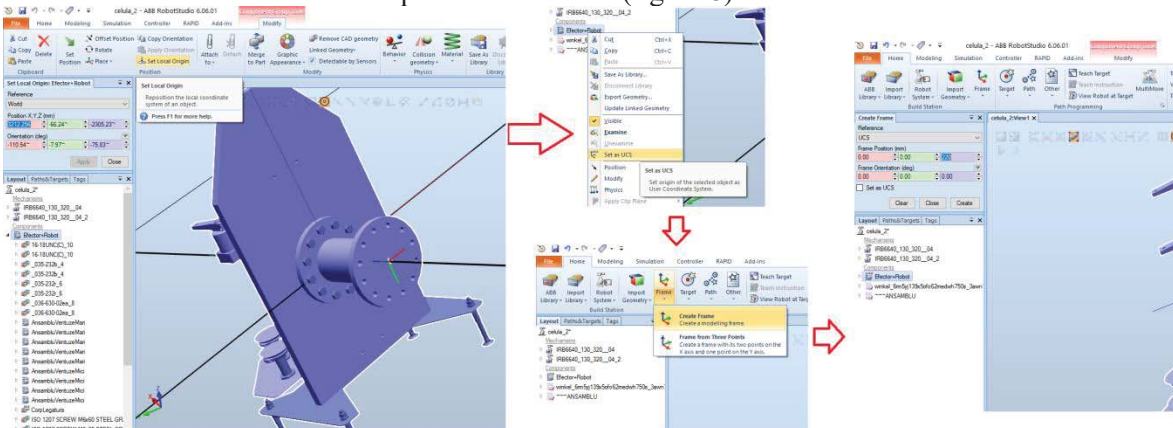


Figura 8. Introducerea efecteurului.

După aceasta, se va crea efectorul RI utilizând comanda Tool (figura 9). Se creează controllerele virtual pentru ambii roboți (figura 10) iar în figura 11 este prezentat ansamblul cu efectorii atașați roboților.

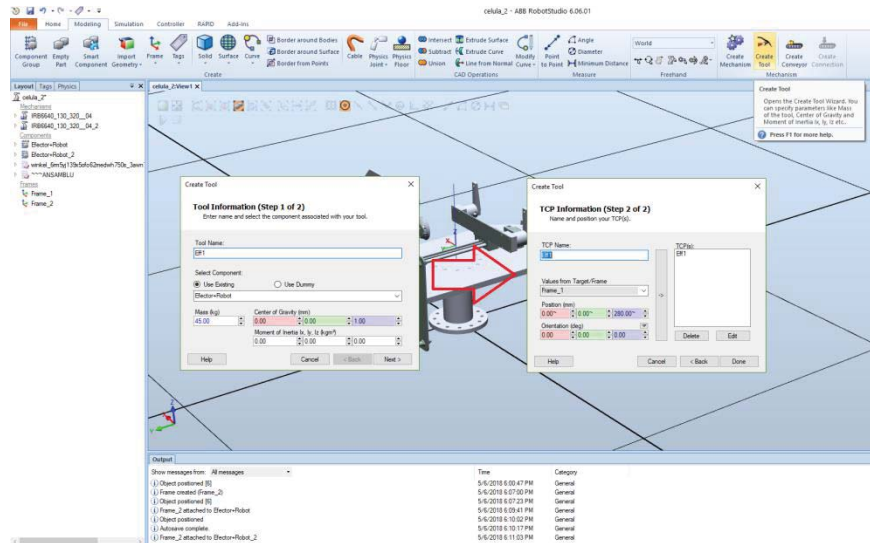


Figura 9. Definirea efecturului.

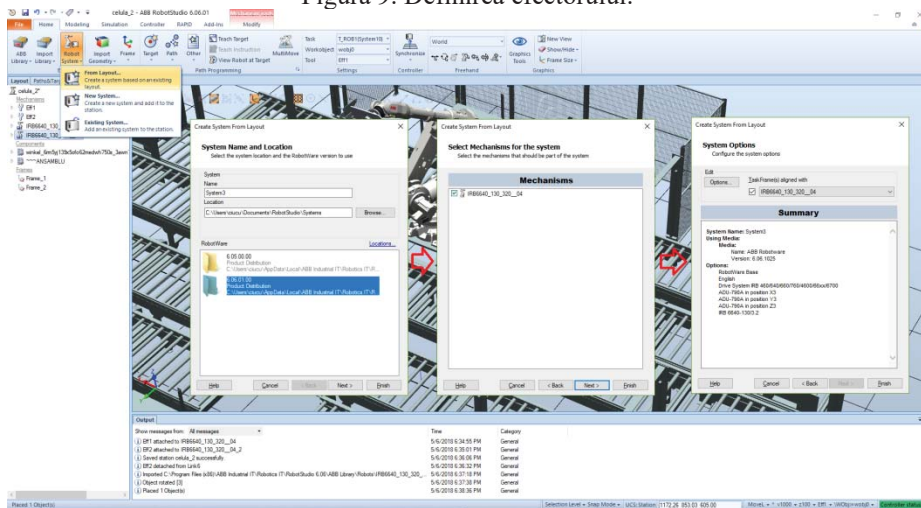


Figura 10. Crearea controllerelor virtuale.

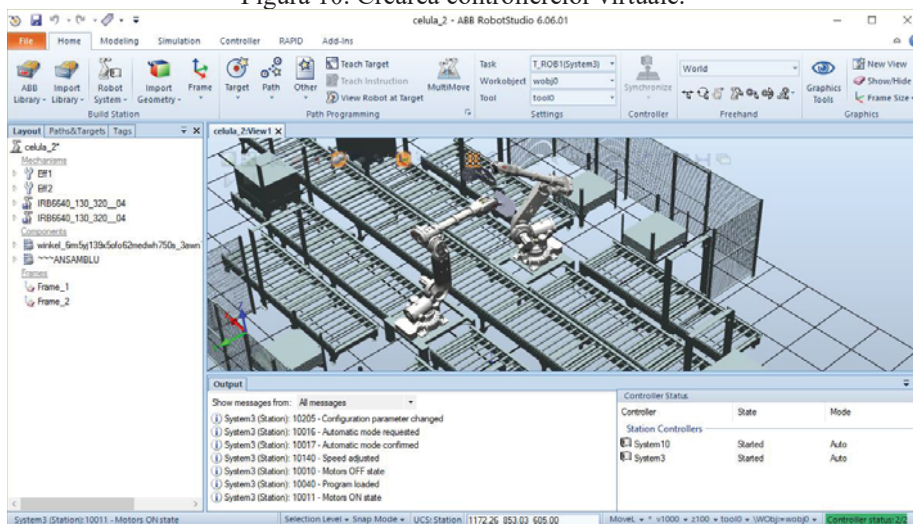


Figura 11. Ansamblul după atașarea efecturilor.

Odată create controlerile, dispunem de opțiunea de mișcare interpolată liniară a roboților și rotire a efectului în jurul punctului caracteristic (figura 12).

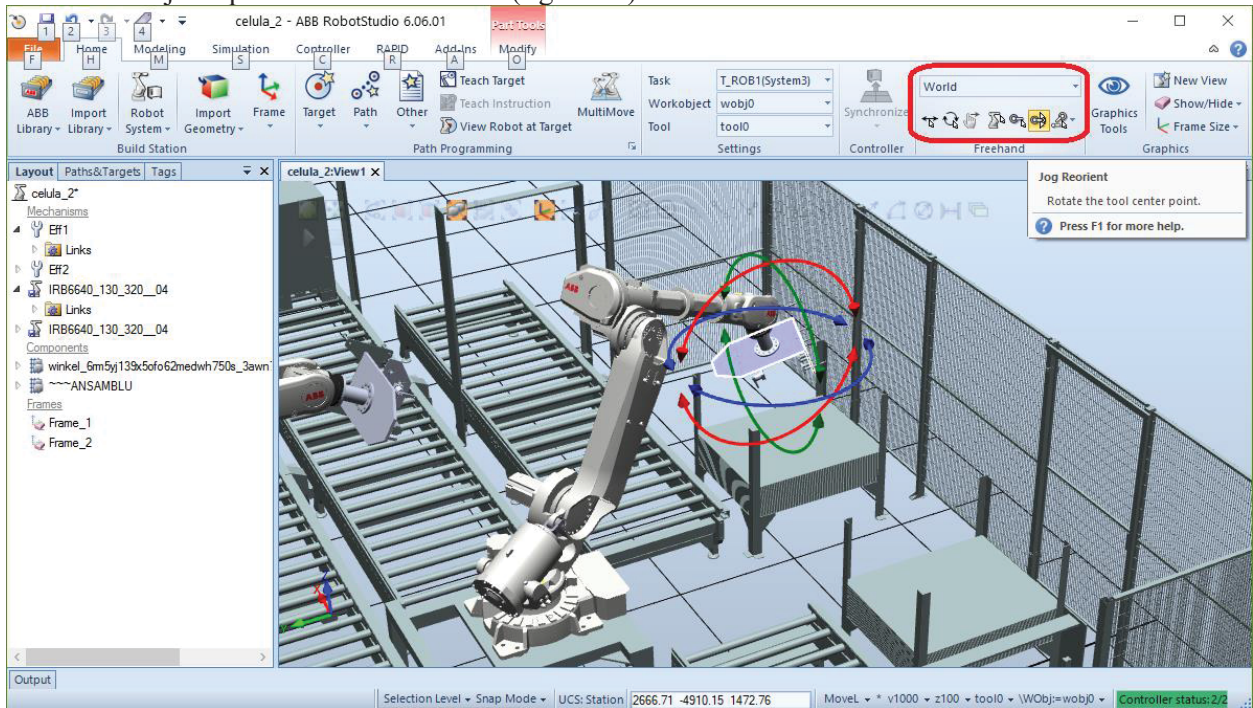


Figura 12. Mișcarea interpolată a efectului.

Se creează semnale pentru preluarea și depunerea cutiilor pe și de pe paleți (figura 13) apoi se definesc evenimente controlate de aceste semnale pentru atașarea cutiilor pe efectul (figura 14).

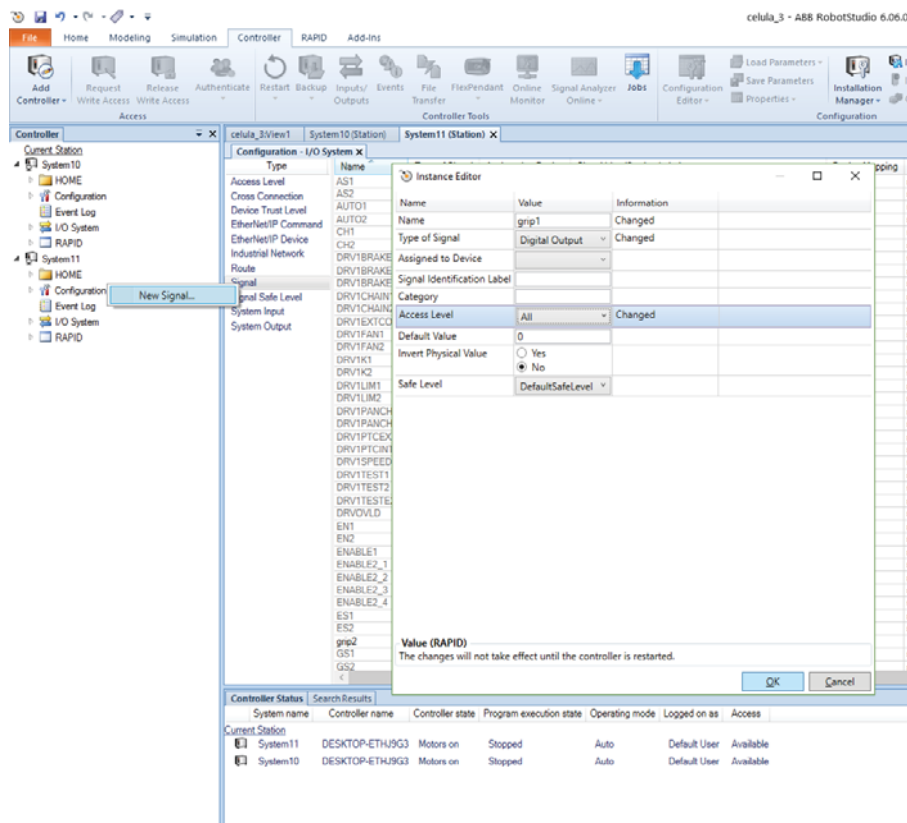


Figura 13. Crearea de semnale pentru preluare/depunere cutiilor.



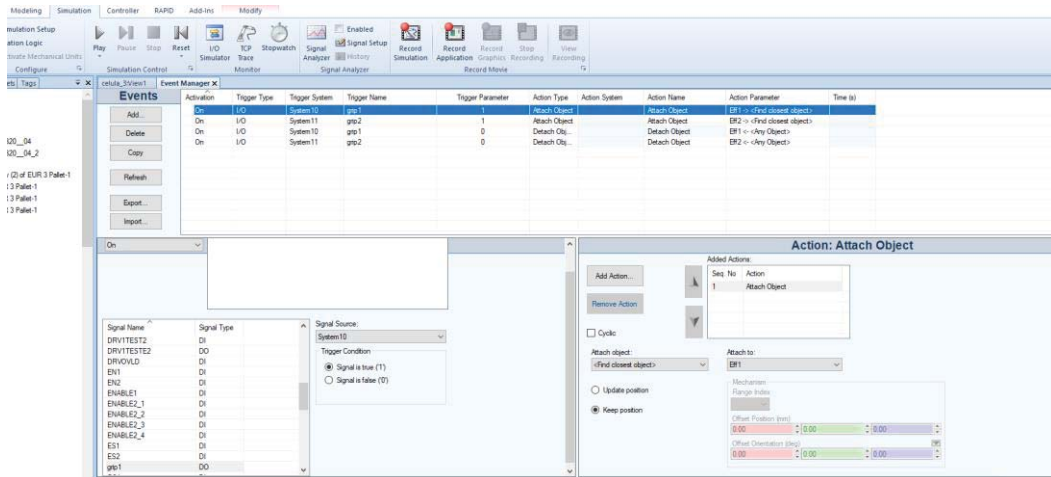


Figura 14. Evenimente pentru preluarea/depunerea cutiilor.

Se definește conveiorul de ieșire din celulă (figura 15). Odată creat, paletul poate fi mutat liber pe parcursul acestuia prin comanda Jog (figura 16).

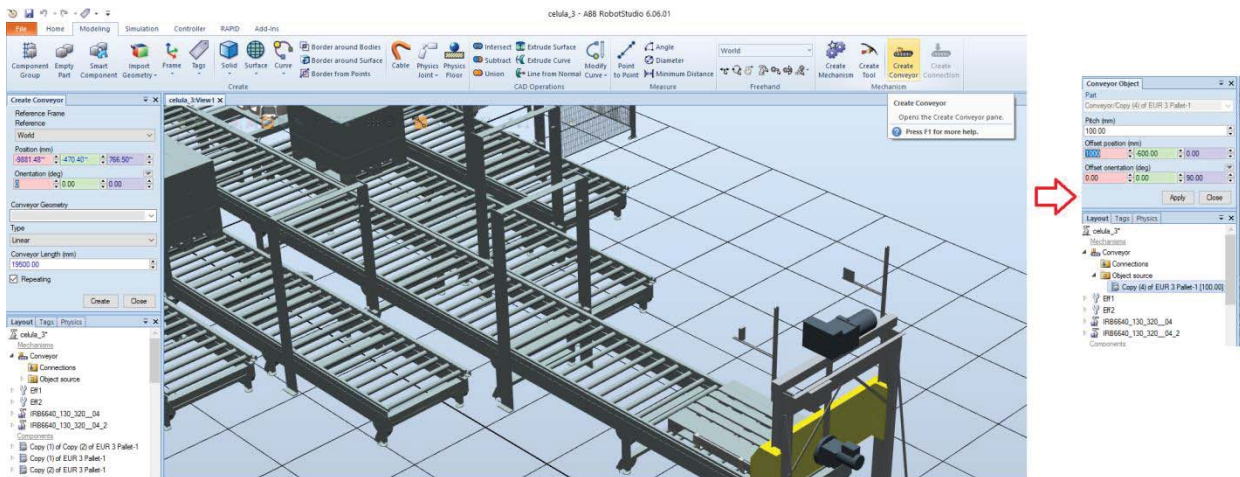


Figura 15. Crearea conveiorului și atașarea paletului la acesta.

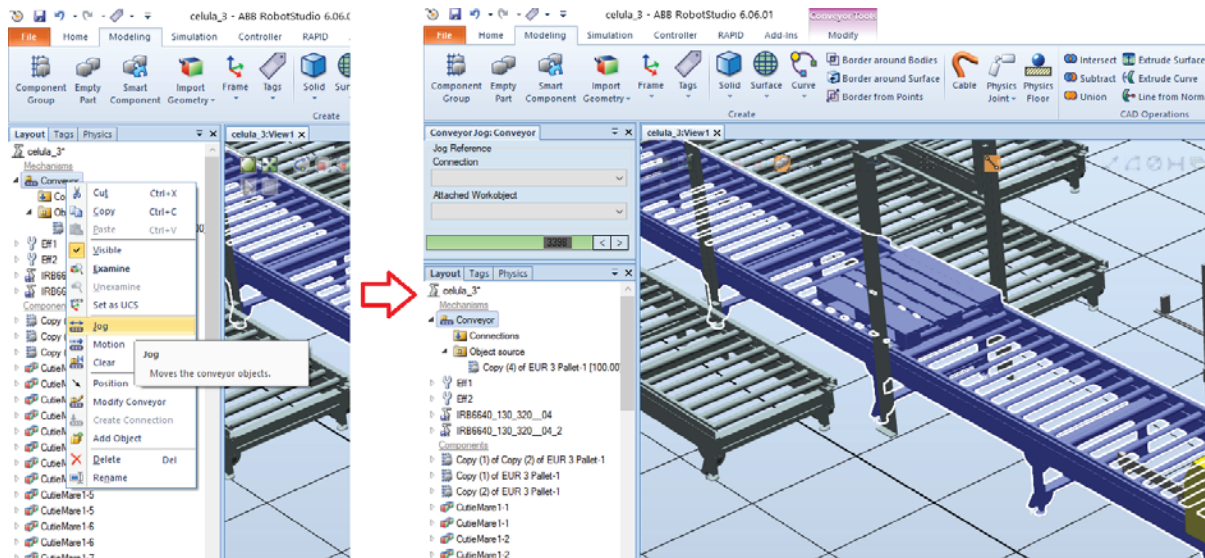


Figura 16. Deplasarea paletului pe conveior.



În final, traiectoria de mișcare a robotului este creată prin utilizarea comenzii Teach Target împreună cu preluarea și depunerea cutiilor prin intermediul semnalelor precizate în figura 13, după cum poate fi observat în figurile de mai jos.

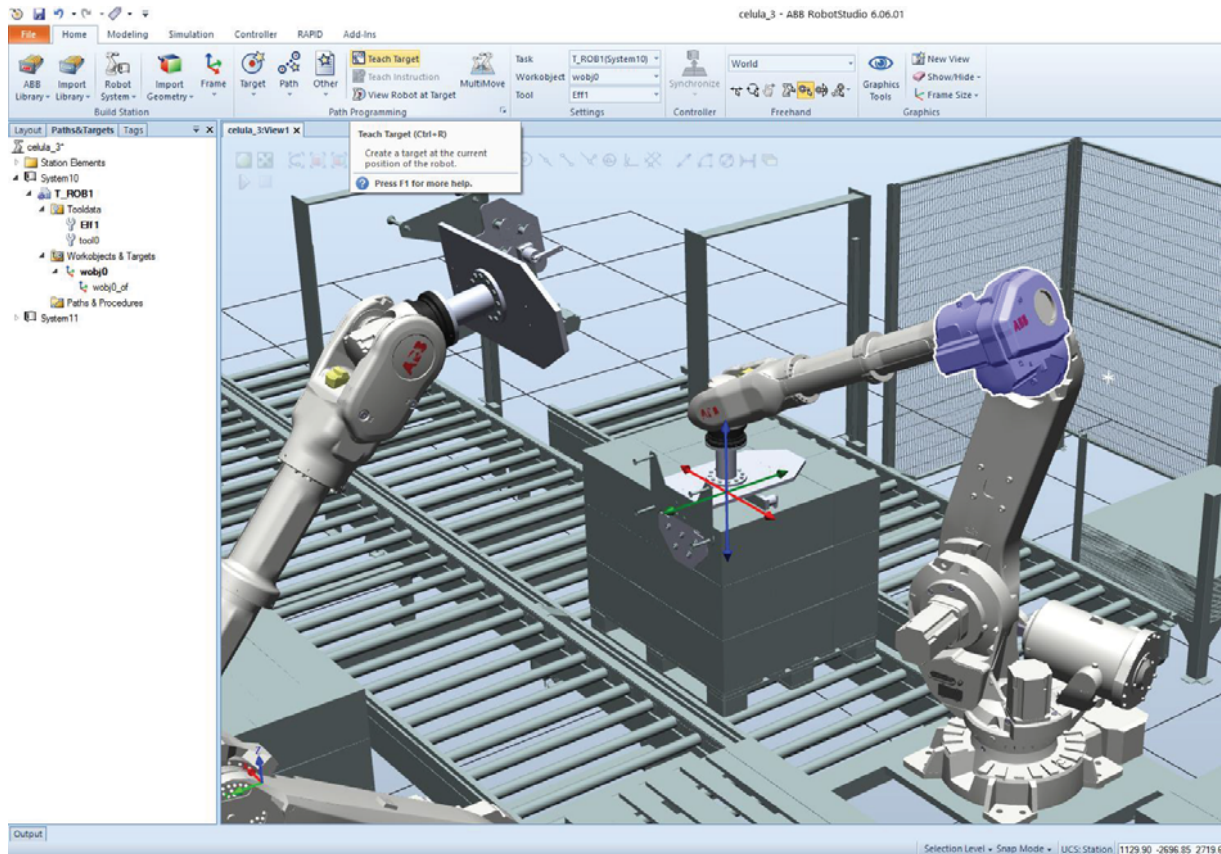


Figura 17. Poziția de preluare a unei cutii.

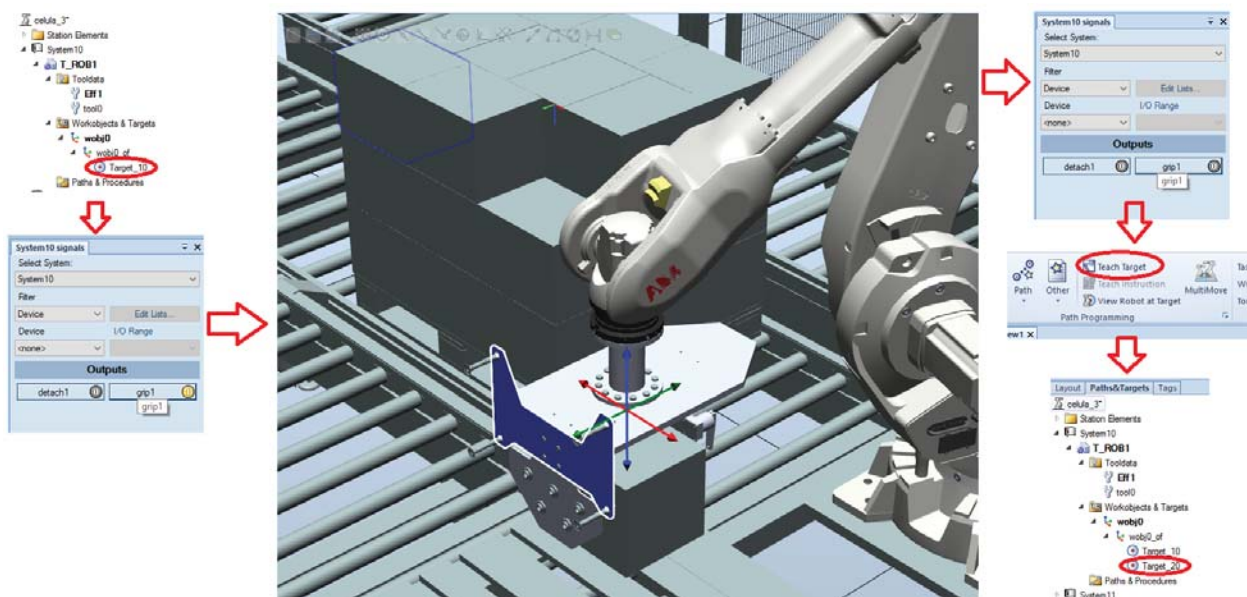


Figura 18. Învățarea punctelor traiectoriei.

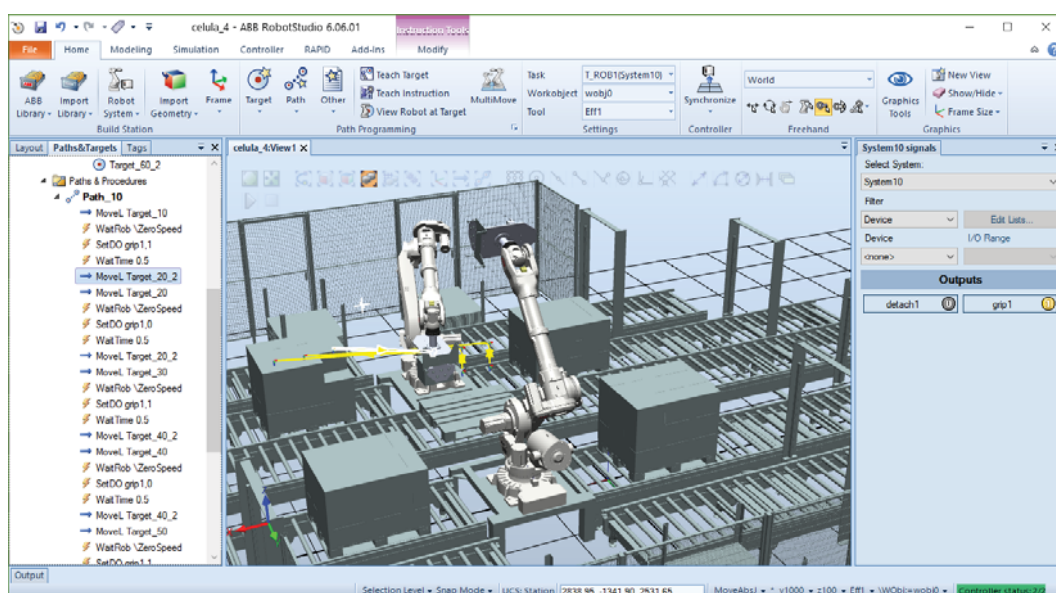


Figura 19. Definirea programului de lucru.

### 3. Concluzii

În cadrul lucrării au fost studiate diversele variante constructive de celule robotizate de paletizare și s-a realizat modelarea și parametrizarea variantei optime utilizând mediul de lucru ABB RobotStudio, urmând ca în lucrări viitoare să fie dezvoltat programul de lucru complet pentru întreaga celulă robotizată.

### 4. Bibliografie

- [1]. Nicolescu, Adrian, Notițe de curs, Implementarea Roboților Industriali în Sisteme de Producție, UPB, 2016
- [2]. Premier Tech Chronos, Robotic Modular Palletizer, <http://www.ptchronos.com/en-pa/products/robotic-palletizing/robotic-case-palletizer/robotic-modular-palletizer/> , (25 mai 2017)
- [3]. Pearson Packaging Systems, RPC, <http://pearsonpkg.com/products/palletize/robotic-palletizer/rpc> , (25 mai 2017)
- [4]. Patois associates, Display cases mixed load ranibow pallet robotic palletizer, <https://www.youtube.com/watch?v=aRF0jNc9UVk> , (25 mai 2017)
- [5] <http://abbib.cloudapp.net/public/default/product/9AAC132059/presentation> , ABB Robotics, IRB 6640, (17 iunie 2017)
- [6] [http://www.fanuc.eu/~/\\_media/corporate/products/robots/r2000/generic/400x600/int-ro-pr-r2000165f-l-1.jpg?w=400](http://www.fanuc.eu/~/_media/corporate/products/robots/r2000/generic/400x600/int-ro-pr-r2000165f-l-1.jpg?w=400) , FANUC Robotics, R2000iC/165F, (17 iunie 2017)
- [7] <https://robotics.kawasaki.com/userAssets1/productsImages/medium/BX130X.png> , Kawasaki robotics, BX130X, (17 iunie 2017)
- [8] [https://www.motoman.com/hs-fs/hubfs/Blog\\_Robots/Application\\_Robot\\_Page\\_Images/img\\_MH180\\_600px.jpg?t=1497641791757&width=300&name=img\\_MH180\\_600px.jpg](https://www.motoman.com/hs-fs/hubfs/Blog_Robots/Application_Robot_Page_Images/img_MH180_600px.jpg?t=1497641791757&width=300&name=img_MH180_600px.jpg), Yaskawa, MH180, (17 iunie 2017)
- [9] Kuka, KR 120 R2900, [https://media.robots.com/robots/1476361724\\_1.png](https://media.robots.com/robots/1476361724_1.png) , (17 iunie 2017)

### 5. Notații

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:  
 RI = robot industrial.