

APLICAȚII SOFTWARE UTILIZATE PENTRU OPTIMIZAREA FLUXURILOR LOGISTICE

Student: MORARU Mădălina¹, anul II, Facultatea IMST

Conducatori științifici: Conf.dr.ing. George ENCIU, Asist. univ. dr. ing. Adrian POPESCU

REZUMAT: Aplicațiile software de simulare a proceselor permit companiilor să optimizeze fluxurile logistice cu un minim de investiție. Modelarea proceselor are la bază buna cunoaștere a acestora, o gândire logică și formule matematice. Scopul său este de a găsi rezolvarea unei probleme într-o lume lipsită de riscuri, unde se pot face greșeli, se poate da timpul înapoi și se poate lua totul de la început. Rezultatele obținute pot fi rafinate prin varierea parametrilor, în scopul găsirii soluțiilor ideale.

CUVINTE CHEIE: software simulare, optimizare, fluxuri logistice

1 INTRODUCERE

Aplicațiile software pentru simulări modelează un fenomen real prin formule matematice. Cu ajutorul acestor aplicații se pot face experimente pe computer bazându-ne pe logică și pe relații matematice pentru a descrie structura și comportamentul unor sisteme reale complexe pe perioade îndelungate de timp sau la nivelul minutelor sau chiar secundelor. În esență, un software de simulare este o aplicație care permite observarea unui fenomen fără ca acesta să se desfășoare în realitate.

Lucrarea de față prezintă pe scurt cele 3 abordări ale modelării fenomenelor: dinamica sistemelor (SD), modelarea bazată pe agenți (ABM) și simularea unor evenimente distincte (DES).

Această lucrare va argumenta utilitatea folosirii aplicațiilor de simulare pentru optimizarea fluxurilor logistice exemplificând cu aplicația AnyLogic. S-a folosit versiunea freeware, tutorialele și biblioteca de modele puse la dispoziție de companie.

2 STADIUL ACTUAL

Logistica industrială modernă conține toate activitățile legate de circuitul produselor, de la obținerea materiilor prime, eșalonarea achizițiilor necesare producției, toate activitățile de producție, stocare intermediară în procesul de producție, montaj, ambalare, administrarea centrelor de distribuție, gestionarea deșeurilor și rebuturilor și relația cu clienții și monitorizarea bunurilor la client. [1]

Odată cu perfecționarea proceselor de fabricație și cu creșterea concurenței, s-a acutizat necesitatea firmelor de a se putea adapta rapid la evoluția pieței. Viteza de adaptare depinde și de numărul scenariilor

luate în considerare în avans și de rigorozieta analizei acestora. Un instrument valoros în acest tip de analiză a situațiilor este un software de simulare care să permită rularea unui număr imens de scenarii pentru a găsi varianta optimă pentru maximizarea productivității, pentru scalarea producției sau pentru restrângerea activității.

Scopul unei simulări este de a găsi o rezolvare a unei probleme într-o lume lipsită de riscuri, unde putem face greșeli, putem să dăm timpul înapoi și să o luăm de la început. Rezultatele obținute pot fi rafinate prin varierea parametrilor, în scopul găsirii soluțiilor ideale.

În prezent în Wikipedia sunt enumerate 20 de aplicații open source pentru realizarea de simulări, și alte 50 de aplicații proprietary [2] dar pentru fiecare abordare sunt enumerate un număr mai mare de aplicații care pot realiza cel puțin o parte a acestui gen de modelare[3]

Toate aplicațiile enumerate au fost actualizate sau chiar au lansat versiuni noi în ultimii 2 ani ceea ce denotă interesul pentru acest domeniu. În acest moment nu se poate vorbi de un campion absolut, niciun software nu s-a impus ca leader incontestabil în domeniu.

Aplicația prezentată în această lucrare a fost aleasă din două considerente principale:

- este multi-model, adică permite modelarea proceselor prin SD, ABM sau DES, și
- pune la dispoziția utilizatorilor o versiune gratuită care, deși este limitată, permite crearea de simulări complexe.

¹ Specializarea Logistica Industrială, Facultatea IMST;

E-mail: madalina.moraru@ymail.com;

Aplicatii Software Utilizate pentru Optimizarea Fluxurilor Logistice

3 ABORDĂRI/METODE DE MODELARE A SIMULĂRILOR

3.1 Dinamica sistemelor (System Dynamics SD)

Simularea proceselor a pornit în anii 1950, prin modelarea ecuațiilor diferențiale pe calculatoare analogice, combinându-se cu modelarea prin diagrame-bloc, iar în anii 1960 profesorul Jay Forrester de la MIT a creat metoda dinamicii sistemelor pornind de la legile fizicii, în special ale circuitelor electrice pentru a investiga sisteme sociale și economice [4].

În prezent SD se folosește pentru realizarea de modele strategice, pe termen lung, și implică cel mai înalt grad de abstractizare.

Prin metoda SD sistemul este modelat ca o structura cauzală închisă, care își definește propriul comportament. Metoda permite identificarea buclor de feedback (cauzalitate circulară) care pot fi de echilibrare sau de consolidare. Buclor de feedback sunt esența metodei SD.

3.2 Modelarea bazată pe agenți (ABM)

Este o abordare relativ nouă. Până la începutul anilor 2000, a fost o preocupare pur academică, dar în ultimii 15 ani a început să fie folosită și în practică. ABM oferă o cunoștere mai profundă a sistemelor studiate decât metodele folosite anterior. ABM a devenit posibilă datorită evoluției tehnologiilor de modelare, și în special a programării orientate pe obiect (OOP) și a unificării limbajelor de modelare (UML), susținute de creșterea puterii CPU și a capacităților de stocare. ABM solicită mult mai multe resurse decât SD sau DES. [5]

Această metodă are un grad mediu de abstractizare și permite nuanțarea nivelului de detaliu care poate fi solicitat de la simulare. Este utilă pentru a fi folosită pentru realizarea de modele tactice.

3.3 Simularea evenimentelor distincte (DES)

Are aproximativ aceeași vechime cu SD - primul software pentru modelare DES este considerat a fi GPSS introdus de inginerul IBM Geoffrey Gordon în 1961.

Această abordare solicită modelatorului să gândească sistemul pe care vrea să-l modelze ca un proces, o secvență de operațiuni efectuate de agenți.

Operațiile care pot fi introduse într-un model DES includ întârzieri, servicii realizate de resurse, selectarea unei ramuri pe care să continue procesul, competiția între agenți pentru folosirea anumitor

resurse și apariția cozilor ca rezultat. DES folosește diagrame de flux. Pot fi folosiți ca „agenți” clienții, pacienții, apelurile telefonice documente fizice sau electronice, părți componente, paleți, tranzacții computerizate, vehicule, proiecte, idei. Resurse pot fi personalul, doctorii, operatorii, muncitorii, serverele, CPU sau memoria computerelor. [6]

Întrucât timpul în care se realizează un serviciu și momentul în care un agent acționează sunt de obicei stochastice, software-ul pentru DES folosește o distribuție probabilistică, iar modelele DES sunt ele însele stochastice, ceea ce înseamnă că ele trebuie rulate pentru o durată specifică sau să fie repetate de un anumit număr de ori ca să se poată obține un rezultat fundamental.

De la un model DES se pot aștepta următoarele tipuri de rezultate: utilizarea resurselor, timpul pe care un agent îl petrece în sistem, timpii de așteptare, lungimea cozilor, rata de procesare a sistemului și identificarea locurilor înguste (bottlenecks).

Este tipul de modelare cu cel mai scăzut nivel de abstractizare, are un limbaj standardizat, bazat îndeaproape pe modul clasic de a exprima un algoritm. Una din cele mai populare aplicații care se bazează pe DES, Arena creat de Rockwell Automation, folosește pentru procesele de bază blocuri care seamănă cu cele din schemele logice.

În esență, o modelare prin metoda DES este formată din bucle cu structura: Inițializare – Procesare (derulare a unui proces cât timp o condiție este îndeplinită sau până când un eveniment se întâmplă) Condiție după verificarea căreia procesul se continuă pe ramura aferentă (adevărat sau fals) și Finalizare – Generare raport.

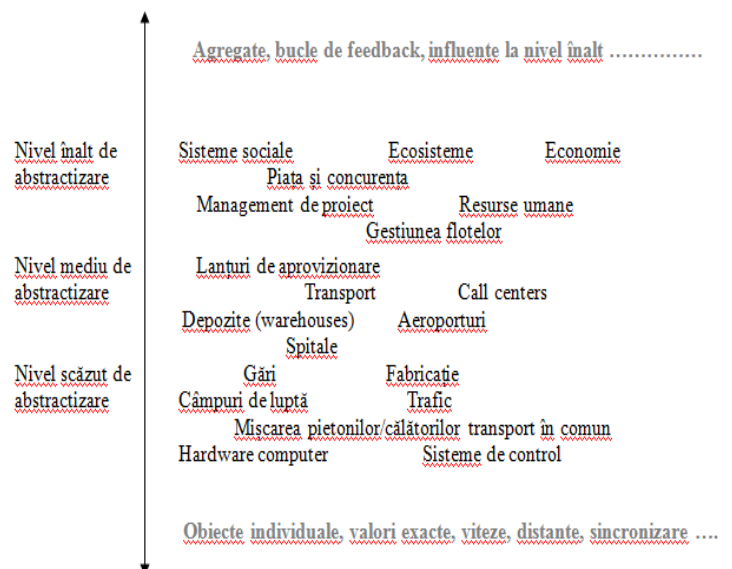


Fig. 1. Aplicarea simulărilor

3.4 Alegerea tipului de modelare

Procesul modelării cuprinde următoarele etape: cunoașterea detaliată a realității (procesului) care se modelează, construirea propriu-zisă a modelului logic-matematic, rularea modelului și evaluarea soluției, implementarea modelului logic-matematic și optimizarea soluției. [7]

În acest scop se vor lua în considerare atât rezultatele care se doresc a fi obținute cât și ceea ce se cunoaște despre procesul/fenomenul real. Acuratețea rezultatelor unei simulări depinde în mod fundamental de felul în care s-a modelat procesul – dacă acesta respectă comportamentul real al procesului, dar și de datele de intrare. Se pot obține rezultate teoretice excepționale de optimizare a unor procese, care însă nu vor putea fi niciodată realizate în practică deoarece acele valori ale parametrilor nu vor fi întâlnite niciodată în realitate.

Un software de simulare permite utilizarea unor distribuții care să imite cât de fidel posibil realitatea – cele mai cunoscute fiind distribuția triunghiulară distribuția uniformă (constantă), distribuția exponențială pentru analiza proceselor Poisson, distribuția normală care nu are limitări și care pentru a fi utilă trebuie folosită într-o formă limitată, sau distribuții Lognormal, Weibull, Gamma, or Beta.

Câteva aplicații software care și-au dovedit valoarea pe piață și care folosesc DES sunt Witness produs de Lanner, Arena creat de Rockwell Automation și FlexSim al FlexSim Software. Un avantaj al softului Arena de exemplu este că poate fi integrat cu produse Microsoft astfel încât modelele pot fi automatizate și mai mult dacă sunt necesare anumiți algoritmi, precum și faptul că poate citi date din documente Excel și baze de date Access, și poate exporta în aceste aplicații.

4 ANYLOGIC 7

AnyLogic este o aplicație software multi-metodă, care permite realizarea de modele prin toate cele 3 metode, SD, ABM sau DES, dar și prin combinarea acestora în același model. Compania AnyLogic (care se numea anterior XJ Technologies) își are rădăcinile într-un grup de cercetare de la Universitatea Tehnică din Sankt Petersburg, care la începutul anilor 1990 a studiat abordări matematice pentru modelarea și simularea proceselor

AnyLogic folosește Java ceea ce îi oferă posibilitatea de a crea applet-uri Java, care pot fi deschise în orice browser obișnuit ceea ce facilitează împărtășirea și plasarea modelelor AnyLogic pe pagini web. Versiunea Professional permite pe lângă applet-uri Java și crearea de aplicații Java de sine stătătoare, care pot fi distribuite utilizatorilor. Aceste

aplicații Java pot constitui baza pentru aplicații de suport al deciziilor [8]

Versiunea PLE permite exportarea simulării numai către un website pus la dispoziție de AnyLogic <http://www.runthamodel.com/>.

4.1 Prezentarea software-ului Anylogic

Aplicația permite deschiderea mai multor proiecte în același timp care se pot vedea în partea stângă a ecranului (fig.2), fiecare cu structura sa arborescentă.

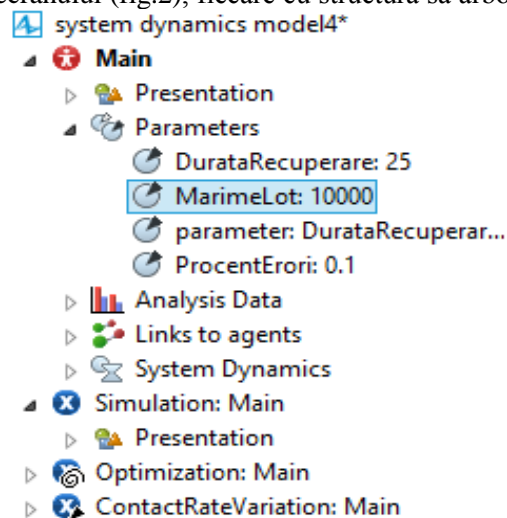


Fig. 2. Model SD– Project view

Tot în partea stângă există și un tab cu Paletele – iconurile tuturor paletelor, și paleta deschisă.

Partea din mijloc a ecranului este dedicată reprezentării grafice a proiectului – care conține elementele introduse în proiect, precum și conexiunile între acestea.

În dreapta se văd și se pot edita proprietățile unui element selectat – care poate fi orice element din structura proiectului

În toate cele 3 tipuri de modelare (care pot fi folosite atât pentru modele distincte, dar și în cadrul aceleiași simulări), după realizarea modelului se pot include 7 tipuri de experimente:

Simularea experimentului este efectiv animația modelului compilat.

Variația parametrilor este un experiment în care simularea unui model complex cuprinde câteva rulări ale unui model variindu-se unul sau mai mulți parametri principali. Permite compararea comportamentul modelului cu diverse valori ale parametrilor și analiza felului în care aceștia afectează comportamentul modelului. Rularea experimentului cu parametri permite estimarea influenței unor procese imprevizibile asupra modelului.

Aplicatii Software Utilizate pentru Optimizarea Fluxurilor Logistice

Optimizarea este experimentul prin care se găsește combinația optimă de parametri care are ca rezultat cea mai bună soluție posibilă. Acest experiment permite observarea comportamentului sistemului în anumite condiții precum și îmbunătățirea performanței acestuia.

Experimentul **Monte Carlo** generează și permite vizualizarea rezultatelor unei simulări pentru un model stochastic sau pentru un model ai cărui parametri au o variație imprevizibilă.

Compararea rulărilor permite modificarea interactivă a valorilor de intrare a parametrilor și rularea experimentului de mai multe ori. Experimentul permite compararea vizuală între multiple rulări ale modelului.

Analiza de senzitivitate rulează modelul de mai multe ori variind unul din parametri pentru a arăta cât de mult rezultatul simulării depinde de acesta.

Calibrarea este un experiment care permite modelarea valorilor unui parametru pentru a ca rularea modelului să dea un rezultat care se potrivește cel mai mult cu datele de intrare. [9]

În varianta Personal Learning Edition PLE sunt disponibile numai primele 3 variante.

4.2 Modelarea SD

AnyLogic permite modelarea proceselor prin SD cu ajutorul stocurilor și fluxurilor. Modelele SD reprezintă oameni, produse, evenimente, orice elemente distincte care pot fi caracterizate cantitativ.

Stocurile reprezintă acumulări și caracterizează starea sistemului. Ele reprezintă memoria sistemului și sursele de dezechilibru. Modelul SD funcționează numai cu agregate, elementele individuale dintr-un stoc nu se pot deosebi unele de celălalte.

Fluxurile reprezintă vitezele cu care aceste stări ale sistemelor se modifică. SD se bazează pe ecuații diferențiale – în general, derivarea unui parametru în funcție de timp.

Modelarea SD este utilă pentru studierea unor procese în care proprietățile individuale ale elementelor dintr-o mulțime nu sunt esențiale pentru felul în care procesul se va desfășura. De exemplu pentru modelarea evoluției unui virus într-o populație nu sunt importante caracteristicile fiecărui individ, ci doar rata cu care starea respectivului stoc se schimbă.

Iată un model foarte simplu realizat prin metoda SD pentru controlul pieselor dintr-un lot – măsurarea/compararea acestora, și recuperarea celor care nu îndeplinesc condițiile de calitate.

Se crează 3 stocuri: Măsurat care să cuprindă o populație, și anume lotul de piese care trebuie să fie controlate, Refuzat – care cuprinde piesele nu îndeplinesc cerințele de calitate și sunt trimse înapoi în linia de producție urmând a fi recuperate și Recuperat – piesele care sunt recuperate și reintră în procesul de control.

Între aceste stocuri există fluxuri care sunt vitezele de transformare dintr-o stare în alta RataRefuz, RataRecuperării. De asemenea, se definesc 3 parametri care să permită scalarea modelului, precum și modificarea scenariilor: TotalulPopulației, ProcentErrori, DurataRecuperare.

Oricare din parametrii aleși pot avea valori fixe, dar și modificabile de către utilizator prin introducerea unei interfețe. Valori tip Slider cărora li se pot atașa obiecte tip Slider din paleta Control.

Pentru pornirea modelului, se pleacă de la stocul de Măsurat care are o valoare inițială de TotalulPopulației. De aici, prin conectarea stocurilor prin fluxuri și cu parametrii care caracterizează fiecare stoc și fiecare flux, se pot observa modificările stocurilor și evoluția sistemului. În fiecare moment, printr-un simplu click pe stock sau flux se poate vedea cum se modifică acesta, fie printr-un șir de numere, fie printr-un grafic

Pentru a avea și o reprezentare grafică a simulării, se poate introduce un TimePlot din paleta Analysis piesele măsurate funcție de timp.

4.3 Metoda ABM

Oferă modelatorului o altă perspectivă asupra sistemului. Se poate ca acesta să nu știe cum se comportă sistemul sau să nu poată identifica variabilele cheie și dependențele dintre ele, sau să recunoască fluxul unui proces, dar are cunoștințe aprofundate despre cum se comportă obiectele, părțile componente ale sistemului. În acest caz, se poate construi un model de la identificarea acestor obiecte – agenți - și definirea comportamentului lor. Ulterior, agenții se pot conecta și pot interacționa sau pot fi puși într-un mediu cu o dinamă proprie. Comportamentul global al sistemului reiese din numeroase (zeci, sute, mii, milioane) de comportamente ale unor entități individuale

Pentru ABM nu există un limbaj standardizat, structura unui astfel de model este creată prin editare grafică și scripturi. Există numeroase modalități de a defini comportamentul unui agent. Frecvent, un agent are o stare, iar acțiunile sale depind de acea stare. În aceste situații comportamentul său este definit cel mai bine prin diagrame de stare.

Pentru alți agenți, comportamentul este definit prin reguli care sunt declanșate de anumite evenimente. În multe cazuri, cel mai bun mod de a caracteriza dinamica internă a unui agent este să se folosească SD sau DES și să se plaseze un stoc și o diagramă de flux sau sau o diagramă de proces în interiorul unui agent.

La fel, în afara agenților mediul în care aceștia își desfășoară activitatea este modelat folosindu-se metodele tradiționale. Simularile realizate prin ABM sunt de multe ori modele multi-metodă.

Trebuie subliniat că agenții unui sistem nu sunt neapărat oameni. Orice poate fi un agent – un vehicul, un echipament, o idee, o organizație.

Chiar și obiecte pasive pot fi modelate ca agenți. De exemplu un segment de conductă dintr-o rețea de furnizare a apei poate fi modelat ca agent și i se poate asocia un comportament ca mentenanța programul de înlocuire, costuri, ieșire temporară din folosință din cauza accidente. [10]

Agenții pot să nu interacționeze între ei – de exemplu în modelarea evoluției unor boli cronice într-o populație agenții individuali nu interacționează, în sensul că aceste boli nu sunt transmisibile, dar modelul depinde de parametri personali ai fiecărui individ și uneori de mediu.

Abordarea ABM permite optimizarea unor procese pentru care există multe informații care nu pot fi fructificate prin abordările clasice.

Un exemplu extrem de simplu de model ABM are un singur agent numit Consumator. Se poate porni de la o populație inițială de 500 agenți (consumatori) S-a ales un număr nerealist de mic pentru a se putea observa mai bine modificările din animație. Acest model funcționează la fel de bine entur o populație de 1.000.000 de agenți, dar modificările ar fi aproape imposibil de observat cu ochiul liber. Acest agent este definit prin 3 stări PotențialUtilizator, InteresatDeProduce, Utilizator. Asupra acestui agent acționează influențe modelate prin parametri. Trecerea dintr-o stare în alta se face printr-o Tranziție din paleta Statechart.

Consumatorii, din starea inițială de PotențialUtilizator (PotentialUser) prin efectul publicității (AddEffectiveness) sau prin efectul recomandărilor de la alți utilizatori (Word Of Mouth) sunt tentați să cumpere un produs. Astfel trec din starea de PotențialConsumatori în cea de InteresatDeProduce (WantsToBuy).

Dacă decid să cumpere produsul ei trec în starea de Utilizator (User). Decizia de a cumpăra este oglindită în parametrul FactorDeAdopție

(AdoptionFactor) – care este un procent, el însuși putându-se modifica în baza acțiunii unor alte influențe. Din starea InteresatDeProduce consumatorii pot trece înapoi în starea PotențialUtilizator dacă nu au răbdare și renunță să cumpere.

Ținând cont de faptul că produsul ipotetic studiat are o durată de viață limitată, din starea de Utilizator se iese după ce această durată se termină, iar agentul reintră în starea InteresatDeProduce de unde poate să se întoarcă fie la PotențialUtilizator fie să decidă să cumpere iar și să redevina Utilizatori.

4.4 Modelarea DES

Este cea în care agenții concurează pentru folosirea unor resurse limitate și activitatea desfășurată de ei poate fi încetinită, procesele au ramuri în funcție de blocuri de decizie. Specific modelelor DES sunt cozile.

Grafic, un model bazat pe DES arată ca o diagramă de proces unde blocurile reprezintă operații care încep de obicei cu o sursă care generează agenți (în model – paletă și camioane de livrare) care sunt introduși în proces și se încheie cu un bloc tip Sink care scot agenții din proces.

În Main se văd ca Noduri, Rute și Agenți

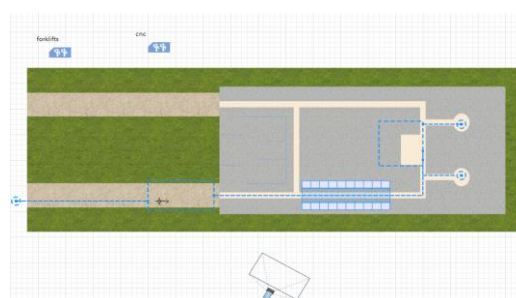


Fig. 3. Main view (Nodes, Paths, Agents and Camera)

4.5 Autoclaved Aerated Concrete Factory - model care cuprinde toate cele 3 metode

Unul din modelele oferite în cadrul versiunii Personal Learning Edition (PLE) este cel al unei fabrici care produce blocuri de BCA. Acest model cuprinde elemente din toate cele 3 metode de modelare și este compus din 19 agenți, 37 parametri, 4 obiecte Java, o histograma pentru rezultatele zilnice, 4 evenimente, 14 variabile, 3 funcții, 3 data sets și 1 statistică (downtime). Fiecare din aceste elemente are propria sa reprezentare grafică, și setări care permit modelarea foarte realistă a unei fabrici de BCA și care pot fi modificate de utilizator pentru a vedea optimizarea rezultatelor. [11]

Acest model descrie fiecare pas al fabricării blocurilor de BCA într-o fabrică, de la intrarea materiei prime (nisip, ghips) în circuit, până la paletii

Aplicatii Software Utilizate pentru Optimizarea Fluxurilor Logistice

de ciment care sunt scoși din circuit. Etapele principale în procesul de producție sunt:

- pregătirea amestecului și turnarea în tipare (fig. 4)

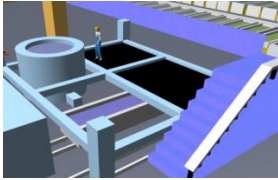


Fig. 4. Vizualizare 3D amestecul și turnarea în tipare

- expandarea (fig. 5)

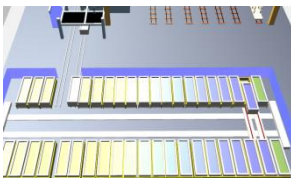


Fig. 5. Vizualizare 3D expandarea

- tăierea (fig. 6)

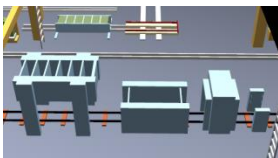


Fig. 6. Vizualizare 3D tăierea blocurilor de BCA

- autoclavizarea (Fig. 7)

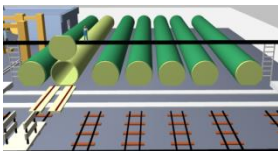


Fig. 7. Vizualizare 3D autoclave

- descărcarea blocurilor

Capacitatea productivă a fabricii depinde de proprietățile sale. Scopul modelului este de a permite identificarea celei mai bune sincronizări a proceselor.

5 CONCLUZII

Abordarea prin simulare față de cea analitică (Excel) are următoarele avantaje
+reproduce natural dependențele cauzale și constrângerile de timp de orice complexitate
+incorporează ușor caracterul stochastic problemelor
+poate reproduce detaliat comportamentul sistemului
+oferă posibilitatea de a măsura virtual orice

Toate aceste avantaje sunt umbrite de faptul că, spre deosebire de modelul static, deterministic al rezolvărilor prin Excel, pentru realizarea unor modele performante este necesar mai mult timp, atât pentru crearea efectivă a modelului, dar înainte de aceasta pentru a învăța să se folosească aplicația. [12]

În stadiul actual există numeroase companii care au creat aplicații software pentru simularea proceselor și sistemelor reale. Acestea pun la dispoziția utilizatorilor și asistență pentru folosirea la maxim a capacităților softului respectiv.

Ceea ce nu poate pune la dispoziție niciun software este cunoașterea fenomenului care se dorește a fi modelat. Calitatea oricărei simulări depinde de capacitatea modelatorului de a transforma realitatea în numere și relații între numere.

Piesele de temelie ale acestor construcții virtuale sunt deci logica și matematica. Materialul din care sunt ridicate aceste monumente ale gândirii trebuie să provină din studierea realității.

Ne aflăm în plină epocă informațională și capacitățile de stocare și viteza de prelucrare a datelor pun acum la dispoziția noastră un volum de informație imens. Provocarea este crearea unor modalități de a organiza aceste informații.

6 BIBLIOGRAFIE

- [1]. Conf.dr.ing. George ENCIU. *Logistică Industrială*, suport de curs (2014).
- [2] Lista aplicații software pentru simulare http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_computer_simulation_software Accesat la data: 09.05.2015
- [3] Liste aplicații software pentru simulare prin metoda DES, ABM si SD: http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_system_dynamics_software, http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_agent-based_modeling_software
- [4]-[7], [10]-[12]. Ilya GRIGORYEV (2015) *AnyLogic 7 in three days* disponibilă: <http://www.anylogic.com/free-simulation-book-and-modeling-tutorials> Accesat la data: 02.05.2015
- [8] Prof.univ.dr. Camelia RATIU-SUCIU, Prof.univ.dr. Florica Luban, Lect.univ.dr. Daniela HINCU, Asist.univ.Nadia ENE *Modelarea si simularea proceselor economice - Sinteza* disponibilă: www.biblioteca-digitala.ase.ro/biblioteca/carte2.asp?id=83&idb= Accesat la data: 12.05.2015
- [9]<http://www.anylogic.com/anylogic/help/index.jsp?topic=/com.xj.anylogic.help/html/config/About%20Experiments.html> Accesat la: 28.04.2015
- [12]Yuri G. KARPOV, *AnyLogic – a New Generation Professional Simulation Tool*, Congresul Internațional de Modelare Matematica, Nizni Novgorod, Rusia, 20-26.09.2004 <http://www.itlab.unn.ru/Uploads/AnyLogicNizhniNovgorod2004.pdf> Accesat la data: 03.05.2015