

Capitolul V

MODELAREA SISTEMELOR CU VENSIM

5.1. Introducere

VENSIM este un software de modelare vizuală care permite conceptualizarea, implementarea, simularea și optimizarea modelelor sistemelor dinamice. Se pot construi atât diagrame cauzale cât și diagrame de simulare.

Pentru construirea modelelor în VENSIM se utilizează o serie de elemente grafice de specific, relațiile cauzale dintre elementele sistemului fiind stabilite, de asemenea, prin metode grafice. Legăturile matematice dintre componente sunt definite cu ajutorul unui editor de ecuații.

5.2. Interfața grafică în VENSIM

Programul utilizează o interfață grafică intuitivă și prietenoasă (figura 5.1), dispunând de indicații dinamice pentru toate elementele.

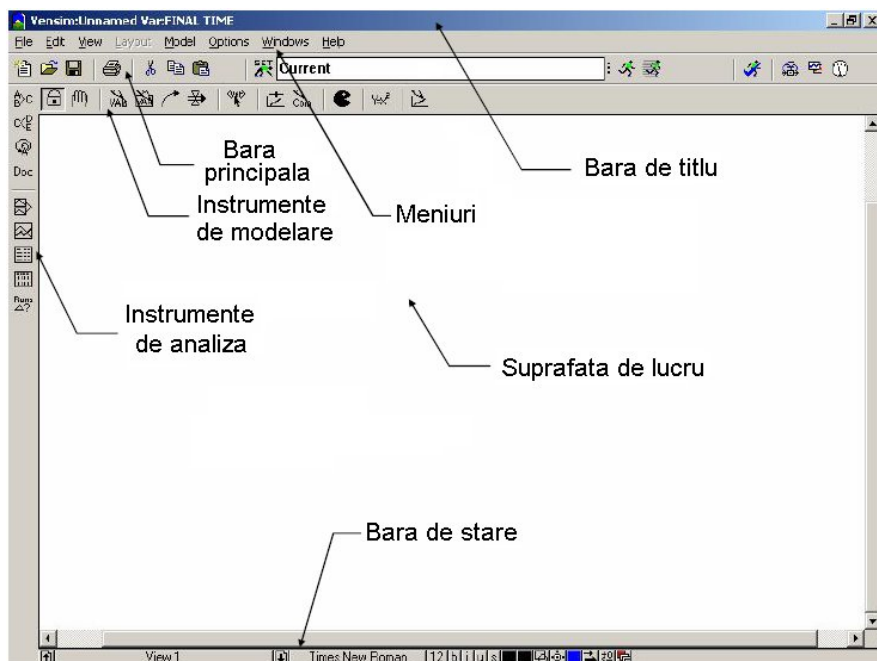


























Fig. 5.1

Fereastra principală în VENSIM











În tabelul 5.1 sunt prezentate principalele controale disponibile și semnificația acestora.

Tab. 5.1

Componentele interfeței grafice în VENSIM

Element	Semnificație
	New Model, Open Model, Save, Print: gestionarea și imprimarea modelelor
	Cut, Copy, Paste: operații cu Clipboard-ul
	Set up a Simulation: evidențiază constantele din diagrama de modelare. Prin dublu-click pe ele se pot modifica valorile doar pentru rularea curentă.
	Name the Simulation to be made: prezintă denumirea setului curent de simulare. Pentru schimbări se dă click pe bara verticală din dreapta.
	Run a Simulation: rularea unei simulări
	Automatically simulate on change (SyntheSim): permite modificarea n-line a variabilelor de intrare, executând automat simularea.
	Stop: oprește simularea continuă la utilizarea modulului SyntheSim.
	Run Reality Checks: permite utilizatorului să enunțe niște reguli de validare pentru un model și să testeze modelele create conform acestor reguli.
	Build Windows: face vizibilă fereastra de lucru
	Output Windows: face vizibilă fereastra de ieșire
	Control Panel: activează panoul de control pentru setările generale ale modelului.
	Lock sketch: blocarea diagramei de modelare. Elementele pot fi selectate dar nu pot fi mutate
	Move / Size: permite mutarea sau redimensionarea elementelor din diagramă.
	Variable - Auxiliary/Constant: permite crearea variabilelor de tip auxiliar sau constante (care nu-și modifică valoarea în timpul simulării).
	Box Variable - Level: permite crearea variabilelor de tip cumulativ (care își modifică valoarea în timpul simulării).
	Arrow: permite crearea interdependențelor între elementele diagramei
	Rate: permite crearea reguletoarelor de flux
	Shadow Variable: permite adăugarea la modelul curent a unor variabile fără a adăuga și cauzele respective
	Input / Output Object: permite crearea rigletelor pentru modificarea on-line a valorii constantelor precum și a graficelor de ieșire
	Sketch comment: permite inserarea în diagramă a comentariilor sau a figurilor
	Delete: permite ștergerea elementelor.
	Equations: activează editorul de ecuații. Elementele fără ecuații vor fi evidențiate pe diagramă.
	Reference Mode: permite activarea unui mod de simulare predefinit.
	Causes Tree: creează o reprezentare grafică de tip arbore pentru cauzele care influențează variabila principală.
	Uses Tree: creează o reprezentare grafică de tip arbore pentru utilizările variabilei principale.
	Loops: afișează o listă cu toate buclele închise în care este utilizată variabila principală.

Componentele interfeței grafice în VENSIM

Element	Semnificație
	Document: prezintă ecuațiile, definițiile și unitățile de măsură folosite de model.
	Causes Strip: afișează reprezentări grafice pentru variabila principală și pentru cauzele acesteia.
	Graphs: afișează o reprezentare detaliată a evoluției variabilei principale.
	Table: generează o linie de tabel cu valorile variabilei principale
	Table time down: generează o coloană de tabel cu valorile variabilei principale
	Runs Compares: permite compararea bazelor de date aferente unor rulări diferite pentru același model.
	Set font on selected vars: permite modificarea fontului pentru variabilele marcate.
	Set size/bold/italic/underline/strikethrough/color/shape/text position on selected vars: permite modificarea elementelor grafice pentru variabilele marcate.
	Set arrow width/polarity on selected arrows: permite modificarea elementelor grafice pentru săgețile marcate
	Push the highlighted words to the background: este utilizat în cazul comentariilor mari existente în diagramă.

5.3. Elemente și principii de simulare utilizate în VENSIM

Pentru construirea modelelor în VENSIM sunt disponibile o serie de elemente grafice (prezentate în tabelul 5.2), precum și un generator temporal pentru stabilirea timpului de simulare.

Limitele temporale ale simulării se stabilesc la începutul sesiunii de lucru, figura 5.2, existând posibilitatea modificării ulterioare.

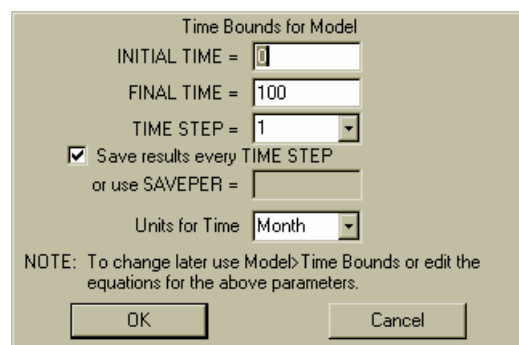


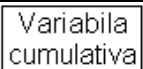
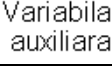
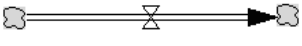



Fig. 5.1

Stabilirea limitelor temporale ale simulării

Unitățile de timp oferite de VENSIM încep cu secunde și se încheie cu ani.

Tab. 5.2

Elemente grafice de simulare în VENSIM

Element	Semnificație
	Reprezintă componentele care își modifică valoarea pe parcursul evoluției sistemului.
	Reprezintă componentele care sunt constante pe parcursul evoluției sistemului.
	Reprezintă componentele prin care circulă fluxuri de date între elementele sistemului
 Variabila rata	Reprezintă componentele care controlează mărimea debitului pe un flux de date.
	Reprezintă componentele care constituie limitele sistemului modelat
	Reprezintă legăturile cauzale între elementele sistemului.

În vederea efectuării unei analize asupra unui sistem dinamic în VENSIM este necesar, pentru început, construirea diagramei de simulare folosind elementele grafice specifice. Pentru acest scop este necesar, în prealabil, identificarea atât a variabilelor (cumulative, tip rată și auxiliare) cât și a constantelor și a legăturilor dintre acestea.

După construirea diagramei de simulare și implementarea legăturilor cauzale între elementele componente, urmează definirea ecuațiilor matematice care guvernează aceste legături. VENSIM avertizează operatorul asupra elementelor care necesită definirea, evidențiindu-le pe suprafața de lucru (după apăsarea butonului Equations) Pentru redactarea ecuațiilor este disponibil un editor de ecuații, accesibil prin dublu-click-stânga pe elementul respectiv, figura 5.3. Cu ajutorul acestui editor se poate specifica tipul variabile respective, se pot introduce funcții matematice, comentarii etc.. În fereastra respectivă apar și variabilele corelate cu variabila curentă (prin legăturile definite anterior în diagrama de simulare).

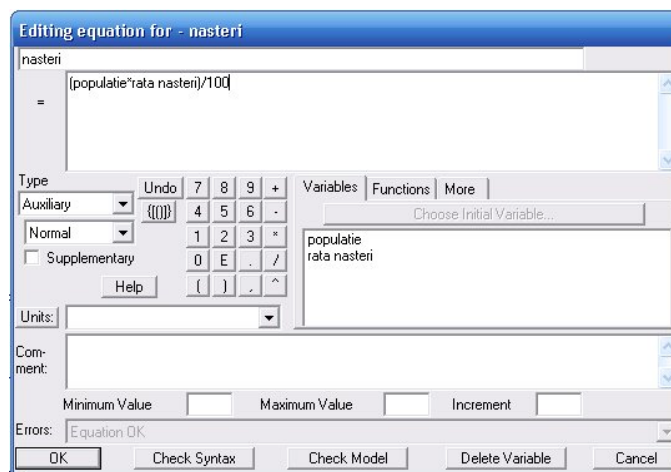


Fig. 5.3

Editorul de ecuații din VEBSIM

După rularea simulării rezultatele obținute sunt accesibile fie sub forma unor grafice de evoluție a variabilelor în timp, fie sub formă numerică. VENSIM permite și o analiză "online" (cu ajutorul modului SyntheSym) în acest caz modificările intrărilor și rezultatele fiind vizibile simultan.

5.4. Exemplu de simulare în VENSIM

Analiza își propune să studieze influența evoluției stocului într-o unitate de producție. Mărimea stocului este o problemă de optimizare, valori prea mari conducând la pierderi de valoare, valori prea mici având ca rezultat pierderea clienților. De asemenea, variațiile mărimii stocului au influențe asupra tuturor componentelor întreprinderii, putând cauza destabilizarea acesteia.

În prima etapă se identifică sistemul dinamic corespunzător și se face o analiză a acestuia.

Ca parte unui sistem dinamic, stocul este generat de un nivel al producției care depășește nivelul vânzărilor. Ca urmare, stocul poate fi modelat ca o variabilă cumulativă alimentată de variabila tip rată producție și descărcată de variabila tip rată vânzări. În același timp, producția este influențată de productivitatea muncii și de numărul de muncitori - forța de muncă. Productivitatea nu se modifică, nefiind influențată de nici unul dintre elementele sistemului, este deci o constantă. Forța de muncă este un element hotărâtor pentru producție, fiind o mărime variabilă funcție de nivelul stocului, deci va fi modelată tot ca o variabilă cumulativă. Alimentarea forței de muncă se face prin angajări iar descărcarea prin concedieri. Având un caracter antagonist, cele două variabile (angajări și concedieri) pot fi considerate sub forma unui raport ce controlează același flux de date. Rata de angajări/concedieri este influențată de atingerea unui nivel optim al forței de muncă, reglarea fiind făcută la intervale periodice de timp. Această perioadă este considerată o variabilă auxiliară, ea fiind influențată de valoarea productivității și de valoarea optimă a producției. În același timp, stocul are o valoare optimă (stoc optim), care trebuie menținută o perioadă de timp (acoperirea stocului). Valoarea optimă a stocului trebuie verificată periodic (timp control stoc) și corectată dacă este cazul (corecție stoc).

În tabelul 5.3 sunt prezentate elementele componente ale modelului sistemului.

Tab. 5.3

Componentele modelului aferent stocului de produse

Element	Tip variabilă
stoc	Variabilă cumulativă
forța de muncă	Variabilă cumulativă
producție	Variabilă tip rată
vânzări	Variabilă tip rată
angajări/concedieri	Variabilă tip rată
producție optimă	Variabilă auxiliară
forță de muncă optimă	Variabilă auxiliară
stoc optim	Variabilă auxiliară
corecție stoc	Variabilă auxiliară
productivitate	Constantă
timp reglare angajări/concedieri	Constantă
acoperire stoc	Constantă
timp control stoc	Constantă

Pentru început se lansează VENSIM și se definesc limitele de timp și mărimea pasului de simulare considerând că simularea se întinde pe un an de zile, figura 5.4.

Construirea diagramei de simulare începe cu variabila cumulativă **stoc**, care este alimentată prin variabila tip rată **producție** și este descărcată prin variabila tip rată **vânzări**. Sursele de alimentare respectiv descărcare pentru variabila **stoc** se consideră a fi în afara sistemului analizat. Pentru variabila **forța de muncă** sursele de încărcare și descărcare sunt identice (aflate în afara limitelor sistemului analizat) alimentarea - descărcarea fiind guvernată de variabila tip rată **angajări/concedieri**, figura 5.5.

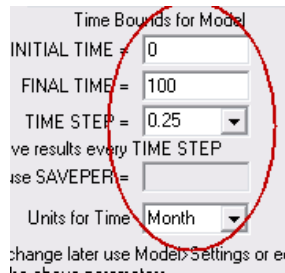


Fig. 5.4

Stabilirea limitelor de timp și a pasului de simulare

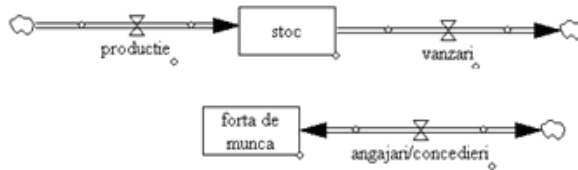


Fig. 5.5

Introducerea variabilelor cumulative în diagrama de simulare

Pentru obținerea unui flux cu două sensuri (înspre și dinspre **forța de muncă** se urmăresc etapele: se activează butonul **Move/Size**, se dă click dreapta pe marker-ul fluxului și se activează opțiunea **Arrowhead**, figura 5.6.

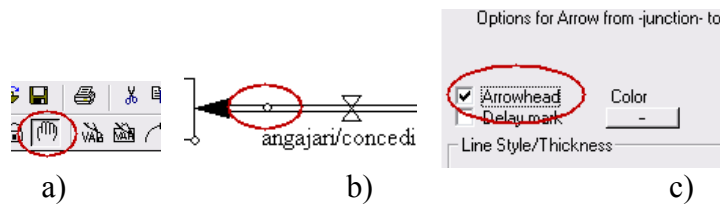


Fig. 5.6

Modificarea fluxurilor de date

În etapa următoare se introduc în diagramă variabilele auxiliare și constantele, figura 5.7.

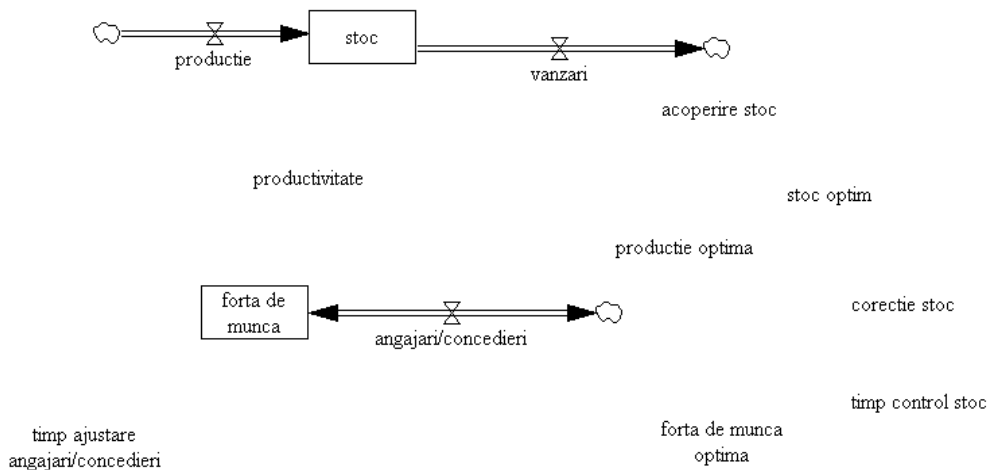


Fig. 5.7

Introducerea variabilelor auxiliare și a constantelor

După introducerea tuturor elementelor în diagramă, se realizează conexiunile cauzale dintre acestea finalizând modelul grafic, figura 5.8.

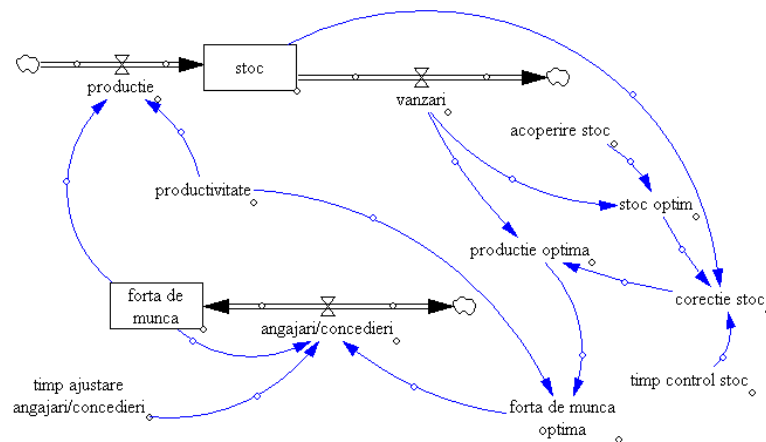


Fig. 5.8
Introducerea variabilelor auxiliare și a constantelor

În următoarea etapă se introduc ecuațiile aferente legăturilor cauzale. Pentru aceasta se utilizează butonul ce activează utilizarea editorului de ecuații, figura 5.9..

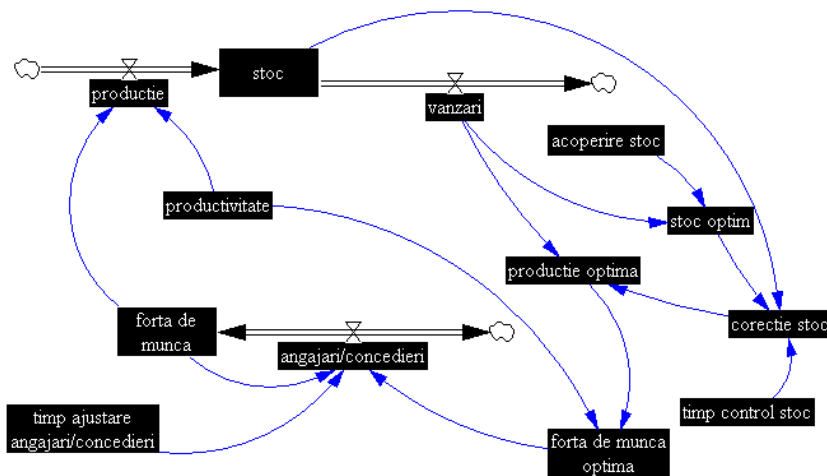


Fig. 5.9
Introducerea ecuațiilor matematice

În vederea determinării ecuațiilor trebuie analizată funcționarea sistemului. Pentru variabila **stoc** se pornește simularea de o valoare inițială de 300 unități, valoarea sa fiind calculată ca diferență între **producție** și **vânzări**.

Variabila **forța de muncă** se consideră că are valoarea inițială **forța de muncă optimă** și este egală cu rata de **angajări/concedieri**.

Producția este egală cu produsul dintre **forța de muncă** și **productivitate**.

Vânzările pornesc de la o valoare de 100 unități și se dorește urmărirea evoluției stabilității sistemului în ipoteza că la momentul 20 **vânzările** cresc cu 50 unități. În acest scop se va folosi o funcție STEP.

Rata de **angajări/concedieri** poate fi calculată ca fiind diferența dintre **forța de muncă optimă** și **forța de muncă** împărțită la **timpul de reglare angajări/concedieri**.

Producția optimă se dorește a fi egală cu suma dintre **vânzări** și **corecția de stoc**.

Forța de muncă optimă este egală cu raportul dintre **producția optimă** și **productivitate**.

Stocul optim este egal cu **vânzări** și **acoperirea stocului**.

Corecția de stoc se calculează ca diferența dintre **stocul optim** și **stoc** împărțită la **timp control stoc**.

Productivitatea este o constantă și, inițial, i se alocă valoarea unitară.

Timpul de reglare angajări/concedieri este tot o constantă, cu valoarea inițială 3 luni.

Acoperirea stocului este constantă, cu valoarea 3 luni.

Timpul de control are valoarea constantă de 2 luni.

Ecuțiile introduse sunt prezentate în tabelul 5.4.

Tab. 5.3

Componentele modelului aferent stocului de produse

Element	Ecuție / valoare
stoc	= producție-vânzări; valoare inițială = 300
forța de muncă	= angajări/concedieri; valoare inițială = forță de muncă optimă
producție	= forța de muncă * productivitate
vânzări	= 100 + STEP (50,20)
angajări/concedieri	= (forță de muncă optimă - forța de muncă) / timp reglare angajări/concedieri
producție optimă	= vânzări + corecție stoc
forță de muncă optimă	= producție optimă / productivitate
stoc optim	= vânzări * acoperire stoc
corecție stoc	= (stoc optim - stoc) / timp control stoc
productivitate	= 1
timp reglare angajări/concedieri	= 3
acoperire stoc	= 3
timp control stoc	= 2

După rularea simulării (prin activarea butonului **Run a simulation**) rezultatele se obțin fie grafic - prin selectarea oricărei variabile și activarea butonului **Graphs** sau prin selectarea uneia dintre variabile cumulative și activarea butonului **Causes Strip** - fie numeric activând unul dintre butoanele **Table** sau **Table time down** (figura 5.10).

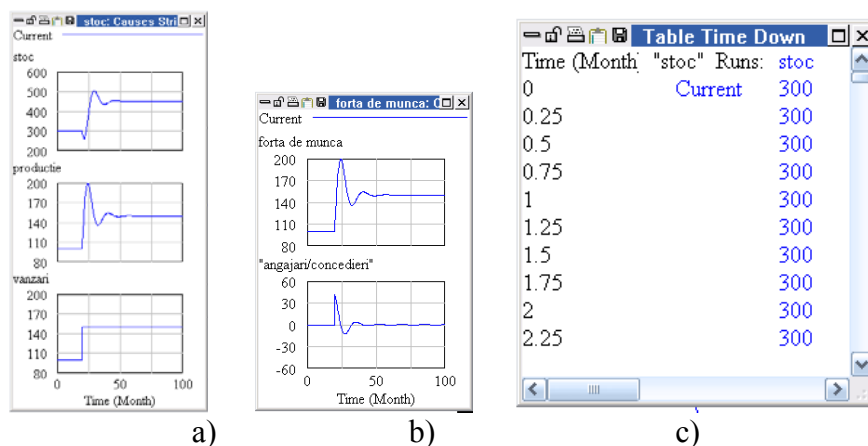


Fig. 5.10

Rezultatele simulării

a, b) sub formă grafică; c) numeric

VENSIM oferă și posibilitatea rulării simulărilor cu modificarea parametrilor de intrare în timp real. Rezultatele obținute sunt vizibile imediat, în reprezentări grafice corespunzătoare. În acest scop este utilizată comanda **Automatically simulate on change**, figura 5.11. În urma activării comenzii, constantele sunt evidențiate și dublate de riglete ce permit modificarea valorilor acestora în timp real. Variabilele cumulative și auxiliare sunt dublate de reprezentări grafice care se modifică în timp real la modificarea valorii constatelor.

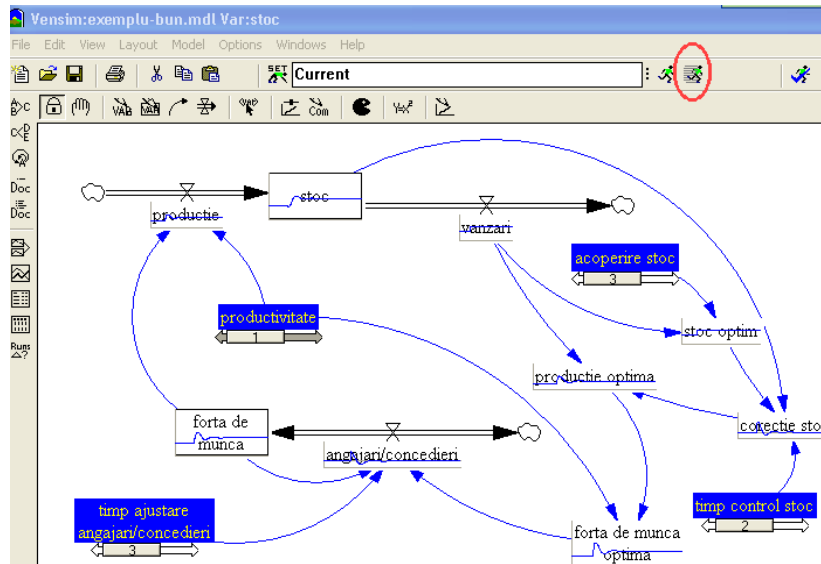


Fig. 5.11
Activarea rulării unei simulări în timp real

Configurația grafică prezentată în figura 5.11 nu oferă o viziune foarte clară asupra rezultatelor simulării, reprezentările variabilelor fiind doar orientative. Pentru o valorificare optimă a rezultatelor simulării există posibilitatea construirii unei interfețe care să prezinte utilizatorului doar intrările și ieșirile din model, fără a păstra vizibilă întreaga configurație a acestuia. Acest tip de interfață poate fi deosebit de utilă în cazul modelelor complexe, a căror model grafic este greu de explorat. În acest scop este necesar, pentru început, deschiderea unei noi ferestre, folosind comanda corespunzătoare din meniul **View**, figura 5.12. Ferestrele aferente unui model pot fi manipulate fie din meniul **Windows**, fie din butonul **Choose view**.

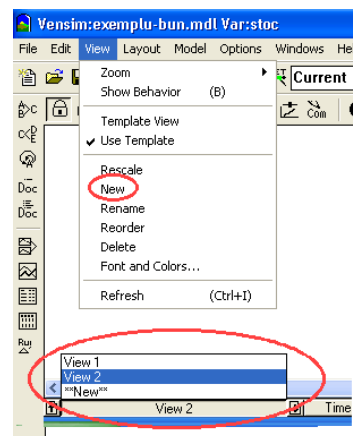


Fig. 5.12
Activarea și manipularea ferestrelor aferente unui model

În noua fereastră se introduc controale pentru constantele de intrare și reprezentări grafice pentru variabilele cumulative sau auxiliare. Pentru ambele scopuri se utilizează butonul **Input / Output Object**. Comanda transformă cursorul mouse-ului și activează (la click stânga pe suprafața de lucru) o fereastră de dialog (figura 5.13) în care se poate specifica atât tipul elementului (intrare - **Input Slider** sau ieșire - **Output Workbench Tool**) cât și corespondența acestuia cu modelul analizat. Pentru intrări se poate specifica și domeniul de variație al valorilor.

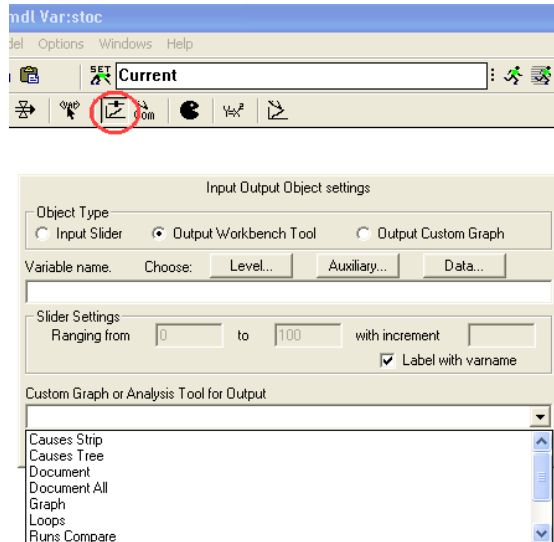


Fig. 5.13

Introducerea elementelor de intrare și ieșire pentru simularea în timp real

Pentru modelul analizat în acest paragraf, interfața este prezentată în figura 5.14.

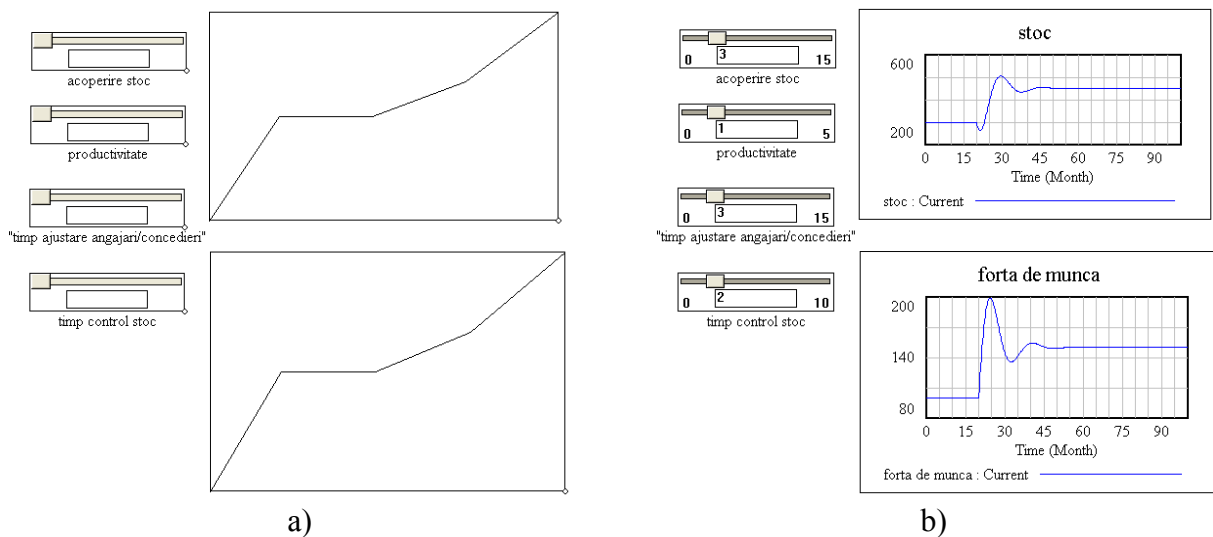


Fig. 5.14

Interfața de utilizare pentru simulare în timp real
a) înainte de rularea simulării; b) după rularea simulării