

## ABORDĂRI PRIVIND ATENUAREA DEZASTRELOR PRIN UTILIZAREA REȚELELOR PETRI IERARHICE

Inga ȚIȚCHIEV, conf. univ., dr.

Universitatea de Stat din Tiraspol

**Rezumat.** Scopul principal al articolului este axat pe efectuarea cercetărilor teoretice cu aplicabilitate practică care vor contribui la creșterea nivelului de influență a științei informatice în societatea modernă, la consolidarea rolului și importanței cetățeanului ca participant activ și beneficiar principal al transformărilor legate de realizările de ultimă oră în domeniul tehnologiei informației și comunicațiilor, la edificarea societății bazate pe cunoaștere și la sporirea securității societății.

**Cuvinte cheie:** dezastru, atenuarea dezastrurilor, modelare, rețele Petri ierarhice.

## DISASTER MITIGATION APPROACHES USING HIERARCHICAL PETRI NETS

**Abstract.** The main goal of the article is to perform theoretical research with practical applicability that will contribute to increasing the influence of the computer science in the modern society, to strengthen the role and importance of the citizen as an active participant and the main beneficiary of the transformations related to the latest achievements in the field of information and communication technology, building a knowledge-based society and enhancing society's security.

**Keywords:** disaster, disaster mitigation, modeling, hierarchical Petri nets.

### Introducere

Această cercetare este orientată spre adaptarea instrumentelor utilizate în modelarea consecințelor situațiilor extreme (calamități naturale, catastrofe tehnogene etc.) și orientate spre asigurarea securității cetățeanului.

Dezvoltarea tehnologiilor informaționale, a rețelelor de calculatoare și mijloacelor de comunicare a contribuit la generarea cu un tempou foarte rapid a instrumentelor ce pot fi aplicate la prelucrări complexe și dificil de realizat.

Proprietățile și caracteristicile dezastrurilor [7] determină necesitatea practică de a studia varietatea de proprietăți, relații, interacțiuni, interdependențele diversilor factori și cauzele acestor procese periculoase pentru a obține o abordare de sistem unitară. Astfel se definesc obiectivele de gestionare și control al situației prin prevenirea în timp util și/sau reducerea la minimum a consecințelor nedorite ale acestora.

După cum a fost menționat și mai sus în ultimul timp omenirea se confruntă din ce în ce mai mult cu dezastruri [9] de diferită natură, ceea ce poate duce în cele din urmă la noi accidente și catastrofe. Pentru a analiza și a atenua consecințele acestora, a fost propus formalismul rețelelor Petri de nivel înalt (rețele Petri ierarhice).

Formalismul rețelelor Petri [6] permite de a reprezenta grafic intuitiv sistemele modelate și, de asemenea, oferă posibilitatea analizei proprietăților dinamice ale acestora. Unul dintre cele mai importante lucruri este faptul că un model al unui sistem să funcționeze corect, trebuie determinate în principal proprietățile *calitative* (sau

comportamentale). Un alt aspect important este îndeplinirea anumitor caracteristici de performanță (sau proprietăți *cantitative*) asociate.

### **Materiale și metode aplicate**

Dezastrele naturale, catastrofele tehnogene sau dezastrele provocate de oameni pot apărea zilnic. În timpul acestora oamenii își expun viața la impactul periculos al mediului și al factorilor economici. Astfel, problema evacuării cu succes a persoanelor din clădiri este una reală și actuală.

Rețelele Petri [1] permit verificarea corectitudinii sistemului modelat la faza de proiectare. Se va examina problema evacuării persoanelor în timp util din clădirile cu mai multe etaje.

În [8] au fost analizate și modelate scenariile de evacuare a persoanelor din încăperi cu un etaj, iar în Figura 1 este ilustrată trecerea de la planul de evacuare la reprezentarea prin rețele Petri a acestuia. Dar în cele mai multe cazuri persoanele lucrează în clădiri cu mai multe etaje.

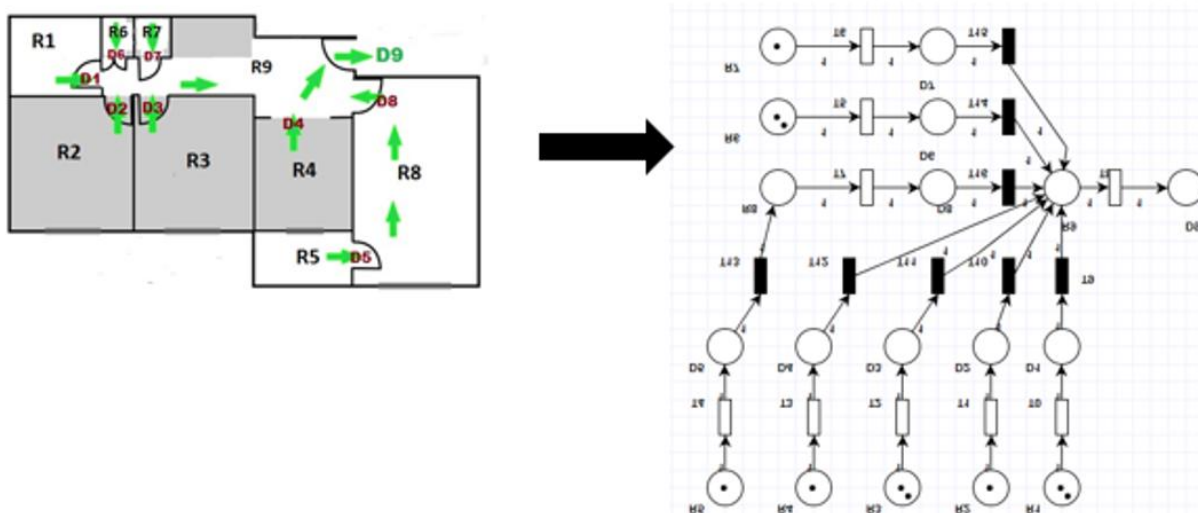


Figura 1. Trecerea de la planul de evacuare la reprezentarea prin rețele Petri

Problema evacuării din acestea este o problemă foarte complicată și complexă. Pentru a rezolva această problemă, propunem utilizarea rețelelor Petri de nivel înalt (HLPN). Rețelele Petri de nivel înalt [2, 3] oferă un cadru potrivit pentru proiectarea, specificarea, validarea și verificarea sistemelor complexe cu evenimente discrete. Acestea suportă definirea datelor și a funcționalităților, astfel pot fi utilizate structuri de date complexe pentru a reprezenta punctele (în cazul dat persoanele) și expresii algebrice ca formule de gardă pentru tranziții (acțiunile care au loc în sistem).

Crearea rețelelor mari, complexe poate fi o sarcină grea. Dar, similar cu programarea modulară, construcția rețelelor complexe poate fi divizată în componente mai mici și se pot utiliza facilitățile oferite de diferite instrumente pentru crearea așa numitor tranziții de substituție.

În rețelele Petri ierarhice [4] o tranziție poate reprezenta o întreagă rețea, astfel încât rețeaua care conține tranziția se execută ca și cum logica pe care o reprezintă tranziția fizic reprezintă o structură unitară independentă. O astfel de tranziție se numește *o tranziție de substituție*.

Conceptual, rețelele cu tranziții de substituție sunt rețele cu mai multe nivele de detaliu – la prima etapă o rețea simplificată, care oferă o imagine de ansamblu asupra sistemelor modelate prin înlocuirea tranzițiilor acestei rețele de nivel superior cu pagini mai detaliate, pot fi aduse tot mai multe detalii modelului.

*Relațiile dintre rețelele ordinare și HLPN:*

- Dintr-o rețea ierarhică, este ușor de construit o rețea ordinară (clasică) echivalentă și vice versa.
- rețea ierarhică și o rețea non - ierarhică echivalentă au exact aceeași mulțime de marcări, pași și secvențe de apariție ale tranzițiilor.
- rețea ierarhică și o rețea echivalentă non-ierarhică sunt comportamental echivalente.
- Analiza computerizată cu mai multe instrumente software a demonstrat aproape același timp de execuție atât pentru o rețea ierarhică, cât și pentru o rețea non-ierarhică echivalentă.

*Atuurile rețelelor Petri ierarhice:*

1. Rețele Petri de nivel înalt au o reprezentare grafică intuitivă și o semantică bine definită care fără ambiguități definește comportamentul fiecărei HLPN rețele.
2. Rețele Petri de nivel înalt sunt foarte generale și pot fi folosite pentru a descrie o mare varietate de sisteme diferite.
3. HLPN-urile au primitive foarte puține, dar puternice, o descriere explicită atât a scărilor cât și a acțiunilor.
4. Rețele Petri de nivel înalt sunt stabile față de modificări minore aduse sistemului modelat.
5. Rețele Petri de nivel înalt posedă metode formale de analiză ale proprietăților rețelelor.
6. Cele mai importante două metode de analiză cunoscute sunt arborii de acoperire și tehnica invarianților. Există instrumente care suportă construirea, simularea și analiza formală a acestora.

**Definiție 1.** *O rețea Petri de nivel înalt este o structură HLPN = (P; T; D; Type; Pre; Post; M<sub>0</sub>) unde*

- P este o mulțime finită de elemente numite *locații*.
- T este o mulțime finită de elemente numite *tranziții* ( $P \cap T = \emptyset$ ).
- D este o mulțime finită nevidă de domenii nevide, unde fiecare element al lui D este un *tip*.

- *Type*:  $P \cup T \rightarrow D$  este o funcție folosită pentru a atribui tipuri locațiilor și pentru a determina modurile tranzițiilor.

- *Pre*; *Post*:  $TRANS \rightarrow \mu PLACE$  sunt pre și post mulțimile date de

$$TRANS = \{(t; m) \mid t \in T; m \in Type(t)\}$$

$$PLACE = \{(p; g) \mid p \in P; g \in Type(g)\}$$

- $M_0 \in \mu PLACE$  este un multiset numit *marcarea inițială a rețelei*.

O *marcare* a HLPN este un multiset,  $M \in \mu PLACE$ .

O tranziție este posibilă relativ la o marcarea oarecare sau în mod tranziție (ca tranziție de substituție). În mod tranziție de substituție se alocă valori variabilelor tranziției, care satisfac condiția asociată acesteia (adică, condiția de tranziție este adevărată). Variabilele tranziției sunt toate acele variabile care apar în expresiile asociate tranziției. Acestea sunt condițiile și adnotările arcurilor care implică producerea tranziției.

Un multiset finit de moduri de tranziție,  $T \in \mu TRANS$ , este posibil la marcarea  $M$  ddaca  $Pre(T\mu) \leq M$ .

O secvență de tranziții se poate produce ducând la o nouă marcarea  $M'$  dată de  $M' = M - Pre(T\mu) + Post(T\mu)$ .

În orice clădire, pe fiecare etaj se poate găsi planul de evacuare al acesteia, în aceste planuri vom nota odăile, ușile ca în [1], clădirile cu mai multe etaje modelate prin rețele Petri pot fi organizate în ierarhii de rețele ca în Figura 2. Aceasta dă naștere unor rețele ierarhice. Deși acestea sunt echivalente cu rețele ordinare, pot facilita gestionarea unor astfel de modele la scară largă.

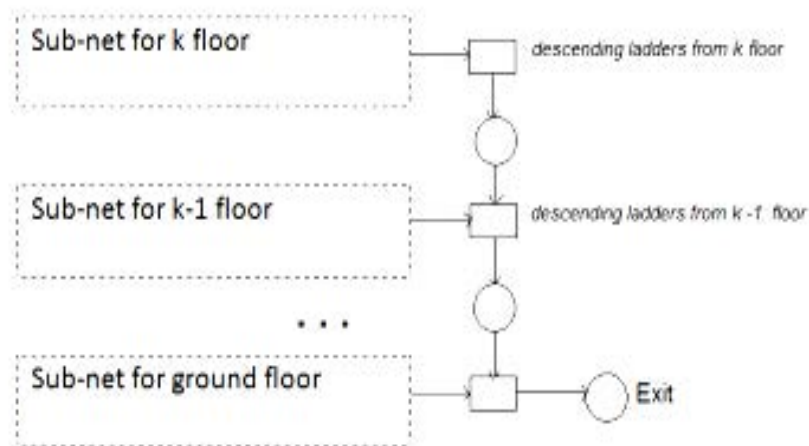


Figura 2. HLPN-ua pentru sistemul de evacuare cu mai multe etaje.

Însă pentru a modela și pentru a obține rezultate cât mai exacte trebuie de specificat în rețelele care reprezintă etajele *restricțiile adiționale*, care vor permite calcularea timpului de evacuare. De asemenea pentru a putea modela cât mai natural procesul de evacuare a persoanelor pe scări, care se diferențiază prin faptul că odată ajunși la acestea se formează un flux de persoane care staționează și pentru evacuarea cu succes trebuie de luat în calcul *regulile de evacuare* prezentate mai jos, care vor asigura deplasarea liberă fără restricții a persoanelor.

### Restricții adiționale

- Densitatea populației în odăi,  $N_{max} = l * w * 6.5$ ,  $l$  este lungimea odăii,  $w$  este lățimea odăii. Densitatea maximală = 6.5 persoane/m<sup>2</sup>
- Funcția de transfer,  $D_i = \frac{N_i}{(l_i + w_i)}$  din odaia  $i$ ,  $N_i$  – numărul de persoane din odaia  $i$ .
- Rata de flux  $r_i = \frac{\sum r_{i-1} * w_{i-1}}{w_i}$ , din odaia  $i$  este dependentă de rata de flux din odăile anterioare (prin care s-a trecut  $r_{i-1}$ ).

### Reguli de evacuare

Pentru evacuarea cu succes a persoanelor din încăperi trebuie luate în considerație următoarele reguli:

- $(t_{j(r+1)} - t_{jr})c_{jr}$  numărul de persoane sosite la ieșire spre scara de la etajul  $j$ ,  $j = 1, \dots, N$ ,  $N$  numărul de etaje,  $t_{jr}$  timpul de evacuare de la etajul  $j$ ,  $c_{jr}$  capacitatea de evacuare de pe etajul  $j$ .
- Densitatea maximală a fluxului de persoane care se evacuează nu trebuie să întrecă numărul maximal de persoane care se pot evacua fără restricții  $D_{max}$ .
- Contribuția fiecărui etaj  $j$  la densitatea fluxului staționar la momentul inițial (zero de timp):

$$H_{jr} = h_j + t_{jr} * v \text{ înălțimea etajului, } D_{jr} = \frac{c_{jr}}{w * v},$$

unde  $H_{jr}$  înălțimea etajului,  $v$  este viteza de evacuare,  $w$  este lățimea scârilor de evacuare.

$$w_{max} = \frac{\max\{D_j\}}{D_{max}}, \text{ lățimea maximală a scârilor,}$$

unde  $D_j$  este densitatea fluxului de pe etajul  $j$ .

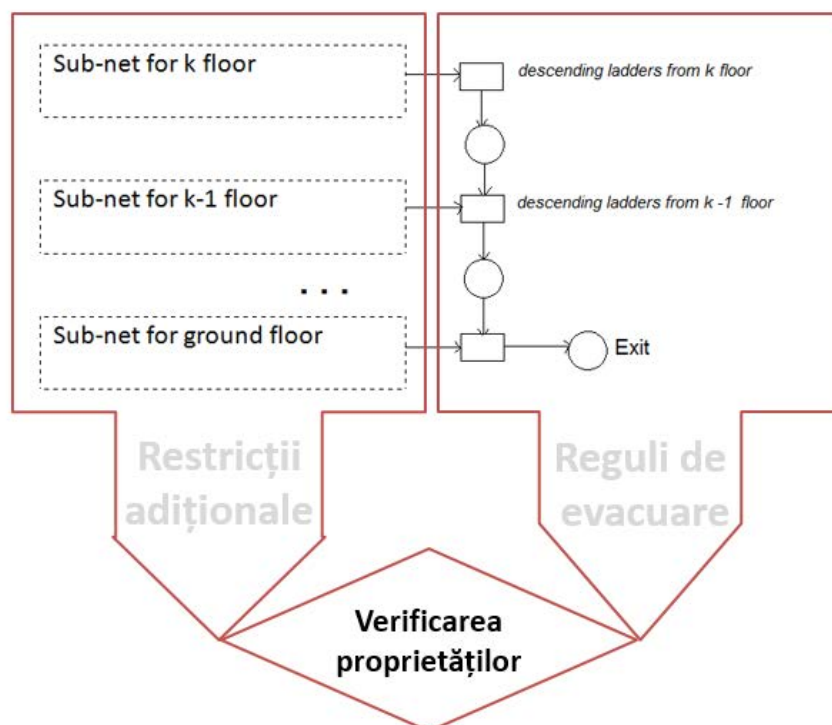


Figura 3. Aplicarea restricțiilor adiționale și a regulilor de evacuare.

În modul tranziție pentru sistemul de evacuare din clădirile cu mai multe etaje se atribuie valori variabilelor tranziției, astfel încât asupra rețelelor modulare care reprezintă etajele se aplică restricțiile adiționale, iar asupra căilor de evacuare (scărilor) se aplică regulile de evacuare. Prin aplicarea acestor specificații se pot determina proprietățile sistemului respectiv astfel încât să putem determina atât timpul de evacuare al acestora, cât și lățimea optimală a căilor de evacuare care va asigura evacuarea fără impedimente a persoanelor din clădirile cu mai multe etaje.

## Concluzii

Pentru problema diminuării consecințelor dezastrilor, a fost propusă metoda rețelelor Petri de nivel înalt. Acestea permit modelarea și simularea sistemului care reprezintă evacuarea de urgență a persoanelor în caz de dezastru din clădiri cu mai multe etaje. Prin această metodă este posibilă atât modelarea unor astfel de sisteme mari într-un mod ușor cât și gestionarea modulară a acestora.

Prin HLPNs este posibilă modelarea sistemelor mari într-un mod ușor de gestionat și modular. În special, se poate rezolva problema determinării structurii și mărimii căilor de evacuare a fluxurilor umane, asigurând evacuarea fără impediment a persoanelor.

## Bibliografie

1. Cojocaru S., Petic M., Titchiev I. Adapting Tools for Text Monitoring and for Scenario Analysis Related to the Field of Social Disasters. In: the proceedings of The 18th International Conference on Computer Science and Electrical Engineering (ICCSEE 2016), October 6-7, Prague, Czech Republic, 2016. pp. 886-892.
2. He X., Murata T. High-Level Petri Nets Extensions. Analysis, and Applications. Electrical Engineering Handbook (ed. Wai-Kai Chen). Elsevier Academic Press, 2005. pp. 459-476. <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol35>
3. Jensen K. An Introduction to High-level Petri Nets. Proceedings of the 1985 International Symposium on Circuits and Systems: Kyoto 85. Kyoto, Japan, 1985. pp. 723-726.
4. Jensen K., Rozenberg G. High-level Petri Nets: Theory and Applications. Springer-Verlag Eds. London, UK, 1991. pp. 724.
5. Komyak V., Danilin A. Approaches to the simulation of the motion of human flows in the building and their comparison. In: Proceedings of the Problems of fire safety. Edition 35, 2014. pp. 110-115.
6. Peterson J. L. Petri Net Theory and The Modeling of Systems. Prentice Hall, 1981.
7. Takashi M., Yoshifumi N., Yasuhiro F. and Atsushi M. Development of Tsunami refuge PETRI-NET simulation system utilizable in independence disaster prevention organization. The 14th World Conference on Earthquake Engineering, October 12-17, Beijing, China, 2008.

8. Titchiev I. Modelling and verification of evacuation system using Time Petri nets in case of disaster. In: Proceedings of the 18-th International Conference System Analysis and Information Technology (SAIT 2016), May 30 June 2, Kyiv, Ukraine, 2016. pp. 46-47.
9. Tsujihara O., Terada K., and Sawada T. Development of simulation system of spreading reoccurring simultaneously in many places in an earthquake using Petri-net. In: Journal of Applied Computing in Civil Engineering 14:11, 2005. pp. 129-136.