



UNIVERSITATEA POLITEHNICA BUCUREȘTI

Facultatea de Antreprenariat, Ingineria și

Managementul Afacerilor



**ȘCOALA DOCTORALĂ ANTREPRENORIAT, INGINERIA ȘI MANAGEMENTUL
AFACERILOR**

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

UTILIZAREA REȚELELOR PETRI COLORATE PENTRU ÎMBUNĂȚĂȚIREA PROCESELOR DIN UNITĂȚILE DE PRIMIRI URGENȚE

USING COLORED PETRI NETS TO IMPROVE PROCESSES IN EMERGENCY DEPARTMENTS

Coordonator științific,

Prof. Univ. Dr. Ing. Militaru GHEORGHE

Doctorand,

Ing. Iustina-Cristina COSTEA-MARCU

Domeniul fundamental: Științe inginerești

Domeniul de doctorat: Inginerie industrială

București 2023

CUPRINS

MULȚUMIRI	12
INTRODUCERE.....	13
CAPITOLUL 1. CONTEXTUL ACTUAL ȘI STRUCTURA GENERALĂ A TEZEI DE DOCTORAT.....	15
1.1. Mediul contextual al cercetării	15
1.2. Necesitatea și relevanța științifică a tezei de doctorat	20
1.3. Definirea obiectivelor cercetării.....	21
1.4. Structura generală a tezei	23
CAPITOLUL 2. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRIILOR ORGANIZAȚIILOR ȘI SERVICIILOR MEDICALE ÎN DEZVOLTAREA ECONOMICĂ.....	28
2.1. Caracteristicile serviciilor.....	28
2.2. Tipul și rolurile serviciilor în societate.....	31
2.3. Organizațiile medicale.....	37
2.4. Statistici în domeniul sănătății.....	46
CAPITOLUL 3. MODELAREA PROCESELOR UTILIZÂND REȚELE PETRI ...	54
3.1. Modelare de procese.....	54
3.1.1. Descrierea conceptului de modelare.....	54
3.1.2. Instrumente care ajută la modelarea proceselor din PU.....	59
3.2. Rețele Petri Colorate (CPN).....	61
3.2.1. Simularea cu evenimente discrete.....	61
3.2.2. Definirea rețelelor Petri colorate (CPN).....	64
3.2.3. CPN Tools.....	72
CAPITOLUL 4. CERCETĂRI PRIVIND IDENTIFICAREA PRINCIPALILOR FACTORI CE INFLUENȚEAZĂ NIVELUL DE SATISFAȚIE AL PACIENȚILOR DIN UNITĂȚILE DE PRIMIRI URGENȚE.....	79

4.1. Studiu privind determinarea principalelor probleme întâmpinate de personalul medical și de pacienți în cadrul unităților de primiri urgențe.....	79
4.1.1. Metodologia cercetării.....	79
4.1.2. Prezentarea rezultatelor.....	85
4.1.3. Concluziile cercetării calitative.....	88
4.2. Cercetare cantitativă privind nivelul de satisfacție al pacienților dintr-o unitate de primiri urgențe.....	90
4.2.1. Stabilirea obiectivelor cercetării.....	90
4.2.2. Ipoteze de lucru.....	90
4.2.3. Metodologia cercetării.....	91
4.2.4. Analiza datelor și a validității chestionarului.....	93
4.3. Concluziile capitolului 4.....	108
CAPITOLUL 5. ANALIZA PROCESELOR DIN CADRUL UNEI UNITĂȚI DE PRIMIRI URGENȚE PRIN MODELARE ȘI SIMULARE, FOLOSIND REȚELE PETRI COLORATE.....	112
5.1. Analiza generală a parcursului pacientului în Unitatea de Primiri Urgențe....	112
5.2. Construirea unui model pentru unitatea de primiri urgențe.....	115
5.2.1. Organizarea unităților de primiri urgențe din România.....	115
5.2.2. Prezentare modelului propus.....	118
5.3. Descrierea rețelei Petri Colorate realizată pentru modelul propus.....	124
5.3.1. Zona I - Triaj	128
5.3.2. Zona II – Critică – Sala de stabilizare.....	130
5.3.3. Zona III - Sala de urgențe stabile	141
5.3.4. Zona IV - Sala de urgențe minore.....	145
5.3.5. Camerele de gardă pe specialități.....	147
CAPITOLUL 6. VALIDAREA MODELULUI PROPUS.....	148
6.1. Descrierea metodologiei de simulare.....	148

6.2. Simularea cazurilor analizate din UPU.....	149
6.2.1. Descrierea cazului I – Accident vascular cerebral ischemic acut, în interval de revascularizare.....	150
6.2.2. Descrierea cazului II – Sindrom vertiginos la pacient vârstnic cu factori de risc cardiovascular.....	162
6.2.3. Descrierea cazului III – Infarct miocardic.....	168
6.2.4. Descrierea cazului IV – Ulcer gastric.....	172
6.3. Simularea unei situații cu mai mulți pacienți.....	179
6.4. Analiza spațiului stărilor.....	186
CAPITOLUL 7. CONCLUZII.....	189
7.1. Discuții și concluzii.....	189
7.2. Contribuții originale.....	194
7.3. Direcții viitoare de cercetare.....	196
LISTA LUCRĂRILOR PUBLICATE.....	197
BIBLIOGRAFIE	201
ANEXE	210
Anexa 1 – Chestionar privind cercetarea cantitativă.....	210
Anexa 2 – Rețeaua Petri Colorată a modelului UPU propus.....	217
Anexa 3 – Raport simulări multiple.....	218
Anexa 4 – Raport de calcul al spațiului stărilor.....	230

Cuvinte cheie: *rețele Petri, rețele Petri Colorate, servicii medicale, unități de primiri urgențe, modelare de procese, CPN Tools, simulare cu evenimente discrete*

Listă de abrevieri

ATI – Anestezie și terapie intensivă

AVC – Accident vascular cerebral

CPN – Rețele Petri colorate

CPU – Compartiment de primire urgențe

CT – Computer tomograf

DE – Departament de urgență

DES – Sisteme cu evenimente discrete

DSU – Departamentul pentru Situații de Urgență

HCPN – Rețele Petri colorate ierarhizate (Hierarchical Colored Petri Nets)

INR – Raportul normalizat internațional

PN – Rețea Petri (Petri Net)

SCC – Graful de componente puternic conectate (Strongly Connected Components)

STEMI - Diagnostic și tratament al sindroamelor coronariene acute cu supradenivelare de segment ST

TI – Terapie intensivă

UPU – Unitatea de Primiri Urgențe

UTIC – Unitate terapie intensivă coronariană

INTRODUCERE

Serviciile medicale sunt esențiale pentru menținerea sănătății și a calității vieții noastre. Cu toate acestea, furnizarea acestor servicii poate fi o provocare, mai ales în situațiile de urgență, când timpul și resursele sunt limitate. Optimizarea sistemelor de furnizare a serviciilor medicale de urgență este crucială pentru a asigura o intervenție rapidă și eficientă, în cazul unor situații de urgență.

Pentru a atinge acest obiectiv, sunt necesare tehnologii și metode de analiză, cum ar fi rețelele Petri. Acestea sunt un tip de rețele grafice, care pot fi folosite pentru a modela, analiza și optimiza procesele din diverse domenii, inclusiv cel medical.

Rețelele Petri oferă o abordare formală, sistematică și riguroasă în identificarea problemelor și a potențialelor soluții în cadrul sistemelor de furnizare a serviciilor medicale de urgență. Acestea permit vizualizarea proceselor, identificarea punctelor critice și a blocajelor, și oferă posibilitatea de a dezvolta scenarii de optimizare a acestora.

Astfel, rețelele Petri pot ajuta la îmbunătățirea sistemelor medicale, prin analiza și modelarea proceselor de furnizare a serviciilor medicale de urgență, identificarea problemelor și a oportunităților de îmbunătățire, dezvoltarea și testarea scenariilor de optimizare, și monitorizarea implementării acestora.

Această teză de doctorat urmărește realizarea unor cercetări privind îmbunătățirea sistemelor de furnizare a serviciilor medicale de urgență. În acest sens, teza prezintă modul în care rețelele Petri pot fi folosite pentru optimizarea sistemelor de furnizare a serviciilor medicale de urgență, pentru a asigura o intervenție rapidă și eficientă în cadrul unităților de primiri urgențe.

Obiectivul principal al tezei de doctorat constă în propunerea unui model pentru îmbunătățirea proceselor din cadrul unităților de primiri urgențe, utilizând rețele Petri Colorate.

Pentru atingerea obiectivului general al tezei de doctorat au fost definite următoarele **obiective secundare**:

01. Definirea tipurilor de servicii și prezentarea serviciilor medicale în contextul actual din România.

02. Analiza instrumentelor și programelor utilizate în modelarea de procese.

O3. Identificarea principalilor factori care influențează nivelul de satisfacție al pacienților din unitățile de primiri urgențe (UPU).

O4. Dezvoltarea unui model pentru optimizarea sistemelor de furnizare a serviciilor medicale de urgență.

O5. Validarea modelului propus prin prezentarea unor cazuri concrete și rularea unor simulări multiple.

Integrarea aspectelor de management al fluxurilor de pacienți, cum ar fi triajul și clasificarea pacienților în funcție de gradul de urgență, gestionarea timpilor de așteptare, planificarea resurselor disponibile pentru diagnosticare și testarea unor protocoale în cadrul unui model destinat pentru o Unitate de Primiri Urgențe, realizat prin utilizarea rețelelor Petri colorate, reprezintă un element de noutate. În urma cercetărilor efectuate în cadrul tezei de doctorat s-a decis folosirea acestor rețele deoarece permit modelarea simultană a aspectelor temporale, comportamentale și ale resurselor, pentru a crea un model comprehensiv și precis al proceselor din UPU. Totodată, rețelele Petri colorate permit definirea unor atribute (culori) pentru a reprezenta caracteristicile specifice ale pacienților și ale personalului medical. Nu există un singur tip de jeton, pentru o astfel de analiză, pacienții putând avea trasee diferite sau identice, având în vedere că fiecare caz diferă, iar tratamentele sunt personalizate.

CAPITOLUL 1. CONTEXTUL ACTUAL ȘI STRUCTURA GENERALĂ A TEZEI DE DOCTORAT

Mediul contextual al cercetării

În prezent, deși există protocoale la nivel național, în România, pentru procesul de triere și soluționare a cazurilor ajunse la Unitatea de Primiri Urgențe, acestea pot fi interpretate de fiecare unitate în parte în mod diferit, fără a altera ghidul de bune practici. Întregul proces nu este documentat pentru a crea un model general care poate fi aplicat universal și îmbunătățit în timp.

O urgență medicală este o situație care prezintă un risc imediat pentru sănătate și viață și necesită intervenție urgentă pentru a preveni agravarea acesteia. Un flux de lucru eficient al clinicii și furnizarea adecvată a diferitelor tipuri de resurse într-un

departament de urgență (ED) ajută la îmbunătățirea oportunității serviciilor de îngrijire de urgență.

Instituțiile spitalicești sunt una dintre cele mai serioase organizații din lume, datorită îndatoririi lor principale de a salva vieți, oferind asistență medicală într-un mod eficient și rapid. Departamentul de urgențe este intrarea principală în spital, care se ocupă de tratamentul primar al pacienților cu o restricție de timp. Multe studii recente s-au concentrat pe minimizarea duratei de ședere a pacientului (LOS) prin extinderea resurselor sau modificarea organizației UPU (echipe medicale, programare etc.), fără a defecta procesele fundamentale. Obiectivul studiului lui Derni (2029) este, de a îmbunătăți calitatea îngrijirii pacienților. Îmbunătățirea se bazează pe extinderea resurselor, pentru a determina cantitatea adecvată de resursă care trebuie adăugată. A fost proiectat un sistem pentru a calcula îmbunătățirea adecvată cu cantitatea de resurse și numărul de pacienți primiți. Apoi, acești cercetători, pornind de la complexitatea departamentului de Urgențe, datorată mediului instabil și caracteristicilor stocastice ale fluxurilor de pacienți, patologiiilor și resurselor limitate, care duc la un timp lung de așteptare au construit un model de simulare a rețelei Petri colorate pentru a măsura îmbunătățirea obținută prin compararea acesteia cu starea actuală a sistemului.

Necesitatea și relevanța științifică a tezei de doctorat

Sistemul de furnizare a serviciilor medicale de primiri urgențe joacă un rol vital în asigurarea accesului rapid și eficient la îngrijirea medicală de urgență. În ciuda importanței sale, acest sistem se confruntă adesea cu provocări semnificative, cum ar fi suprasolicitarea, resurse insuficiente, timpi de așteptare prelungiți și deficiențe în furnizarea serviciilor.

În România, sistemul de furnizare a serviciilor medicale de primiri urgențe este adesea suprasolicitat, iar pacienții se confruntă cu timpi de așteptare prelungiți și acces limitat la serviciile de îngrijire medicală de urgență. Prin urmare, este necesară o optimizare a acestui sistem pentru a asigura o furnizare mai eficientă și promptă a serviciilor medicale de urgență.

Utilizarea rețelelor Petri poate fi un instrument util în optimizarea sistemului de furnizare a serviciilor medicale de urgență din România. Prin modelarea și simularea proceselor de servicii medicale de urgență cu ajutorul rețelelor Petri colorate, se pot

identifica și analiza problemele existente în sistem, cum ar fi timpii de așteptare prelungiți și resursele insuficiente sau alocarea lor deficitară.

De asemenea, utilizarea rețelelor Petri colorate poate ajuta la identificarea modului în care fluxul de pacienți se desfășoară în sistem și la determinarea modului în care acesta poate fi îmbunătățit.

Prin simularea diferitelor scenarii și variabile, cum ar fi modificările în numărul de pacienți sau resursele disponibile, se pot identifica cele mai bune opțiuni pentru a optimiza sistemul de furnizare a serviciilor medicale de urgență. În plus, prin utilizarea rețelelor Petri colorate, se poate îmbunătăți coordonarea între diferitele instituții medicale și autoritățile locale, astfel încât să se asigure o furnizare promptă și eficientă a serviciilor de îngrijire medicală de urgență.

Utilizarea rețelelor Petri colorate poate fi un instrument valoros pentru optimizarea sistemului de furnizare a serviciilor medicale urgență din România. Acestea pot ajuta la identificarea și analizarea problemelor existente și la simularea diferitelor scenarii și variabile pentru a determina cele mai bune opțiuni de optimizare. Prin optimizarea sistemului de furnizare a serviciilor medicale de urgență, se poate asigura accesul prompt și eficient la îngrijirea medicală de urgență și îmbunătățirea calității serviciilor medicale furnizate în România.

Elaborarea unui model folosind rețelele Petri colorate pentru optimizarea sistemelor de furnizare a serviciilor medicale de urgență ar putea avea un impact semnificativ atât la nivel științific, cât și la nivel real în procesele care au loc într-o unitate de primiri urgențe. În plus, rețelele Petri colorate pot fi utilizate pentru a testa diferite scenarii și combinații de evenimente, ceea ce poate fi util pentru a identifica soluții mai eficiente pentru organizarea unităților de primiri urgențe.

La nivel științific, modelul ar putea aduce noi perspective și abordări în cercetarea proceselor medicale, precum și în dezvoltarea de soluții și tehnologii pentru optimizarea acestor procese. În plus, ar putea contribui la dezvoltarea domeniului de inginerie medicală și a tehnologiilor medicale, având implicații semnificative asupra îmbunătățirii sistemelor de sănătate.

La nivel real, implementarea unui astfel de model ar putea duce la o mai mare eficiență și calitate în furnizarea serviciilor medicale în unitățile de primiri urgențe, ceea ce ar putea avea un impact pozitiv asupra vieții pacienților. De exemplu, o mai

bună gestionare a fluxurilor de pacienți ar putea reduce timpii de așteptare, ar putea crește acuratețea și rapiditatea diagnosticării și tratării pacienților, și ar putea reduce costurile aferente serviciilor medicale. Astfel, un model bazat pe rețelele Petri colorate ar putea fi un instrument valoros pentru optimizarea proceselor în unitățile de primiri urgențe și pentru îmbunătățirea calității serviciilor medicale.

Definirea obiectivelor cercetării

Pentru atingerea obiectivului general și a obiectivelor secundare propuse în cadrul acestei teze de doctorat a fost utilizată metodologia descrisă în Figura 1.1:

Obiectiv principal

PROPUNEREA UNUI MODEL PENTRU ÎMBUNĂȚĂȚIREA PROCESELOR DIN CADRUL UNITĂȚILOR DE PRIMIRI URGENȚE, UTILIZÂND REȚELE PETRI COLORATE

Metodologia utilizată

Obiective secundare

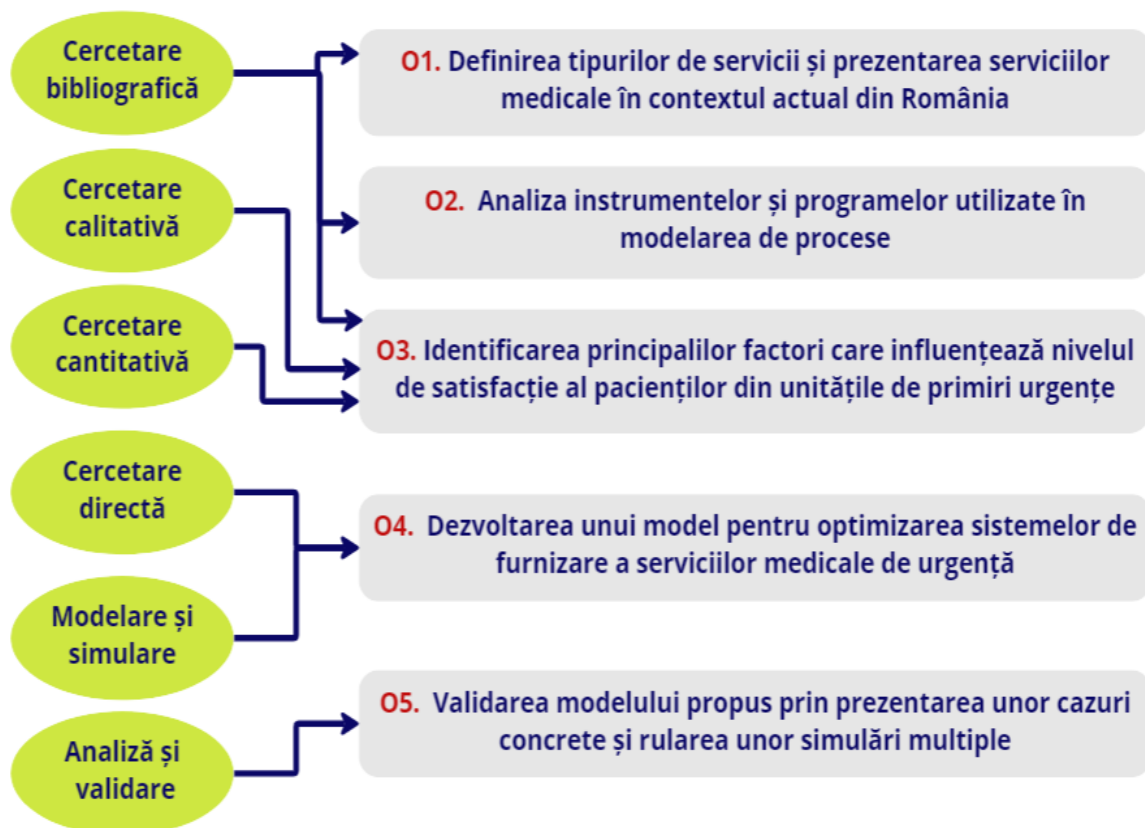


Figura 1.1 Metodologia și obiectivele cercetării

CAPITOLUL 2. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR ORGANIZAȚIILOR ȘI SERVICIILOR MEDICALE ÎN DEZVOLTAREA ECONOMICĂ

În cadrul acestui capitol se prezintă caracteristicile de bază ale serviciilor și a tipurilor acestora, evidențind importanța lor în societate. De asemenea, s-au analizat serviciile oferite de spitale, prezentându-se clasificările acestora. Partea finală a capitolului a oferit o imagine clară asupra situației actuale a sistemului medical din România, prin intermediul celor mai importante statistici din domeniul sănătății. Toate aceste informații sunt utile pentru a înțelege importanța serviciilor medicale și a modului în care acestea pot fi îmbunătățite pentru a oferi un impact pozitiv asupra societății.

În România, pacienții apelează adesea pe departamentele de urgență ale spitalelor dacă au nevoie de asistență medicală, chiar dacă cazul lor nu prezintă o urgență, ceea ce duce la supraaglomerarea în UPU. Conform statisticilor cele mai multe apeluri la dispecerate sunt înregistrate în Grecia și Norvegia, România clasându-se pe locul 6 la nivel de Europa.

CAPITOLUL 3. MODELAREA PROCESELOR UTILIZÂND REȚELE PETRI

În Capitolul 3 s-au definit concepte privind modelarea proceselor. O atenție deosebită au avut-o rețelele Petri colorate care sunt un instrument potrivit pentru analiza și modelarea proceselor din cadrul unităților de primiri urgențe. Acestea oferă o înțelegere mai clară asupra întregului sistem și a modului în care diferite componente ale sistemului interacționează, astfel încât să se poată îmbunătăți calitatea serviciilor oferite pacienților. O unitate de primiri urgențe poate implica mai multe procese și activități care se desfășoară în paralel. Modelele de rețele Petri sunt eficiente în modelarea acestor comportamente concurente și permit vizualizarea fluxului de lucru între diferitele procese și activități. Totodată, în UPU pot exista evenimente care sunt non-deterministe, ceea ce înseamnă că nu pot fi prezise sau controlate complet. Jetoanele din rețele Petri clasice nu poartă nicio valoare de date. Extensia CPN a rețelelor Petri oferă capacitatea de a defini simboluri ale unei varietăți de tipuri de date prin adoptarea CPN ML ca limbaj de inscripție. De fapt, calificarea colorată în Rețele Petri colorate este sinonimă cu tipurile din limbaje de programare.

CAPITOLUL 4. CERCETĂRI PRIVIND IDENTIFICAREA PRINCIPALILOR FACTORI CE INFLUENȚEAZĂ NIVELUL DE SATISFAȚIE AL PACIENȚILOR DIN UNITĂȚILE DE PRIMIRI URGENȚE

În Capitolul 4 s-a analizat satisfacția pacienților din UPU. În acest sens, au fost realizate două cercetări distincte: calitativă și cantitativă. Prima cercetare a fost calitativă de tip „focus-grup.

4.1. Studiu privind determinarea principalelor probleme întâmpinate de personalul medical și de pacienți în cadrul unităților de primiri urgențe

Obiectivul principal al acestei cercetări este de a determina principalele probleme întâmpinate de personalul medical și de pacienți în cadrul unităților de primiri urgențe-UPU.

Obiectivele care derivă din obiectivul principal sunt prezentate în continuare.

Obiective derivate:

O1: Determinarea principalelor atribuții și caracteristici ale personalului medical din cadrul UPU.

O2: Determinarea principalelor nemulțumiri ale pacienților în cadrul UPU.

O3: Determinarea principalelor probleme întâmpinate de personalul medical în cadrul UPU.

Rezultatele acestei cercetări calitative scot în evidență faptul că timpul total petrecut în UPU, timpul de așteptare până la primirea rezultatelor, dar și timpii de așteptare până când pacienții intră la consultația medicului, sunt principalele nemulțumiri ale pacienților. În ceea ce privește principalii factori identificați ce influențează nivelul de satisfacție al pacienților din UPU, aceștia cuprind: timpii de așteptare, resursele tangibile, resursa umană, sistemul informatic, temperamentul celorlalți pacienți, încrederea în personalul medical, solitudinea, siguranța pentru pacienți și empatia.

În urma cercetării calitative de tip „focus-grup”, s-au identificat principalele variabile care pot influența procesele din cadrul unităților de primiri urgențe și totodată pot influența satisfacția pacienților sosiți într-o astfel de unitate (Tabelul 4.2).

Tabelul 4.2 Descrierea factorilor identificați

FACTORI	ITEMI
TIMP DE AȘTEPTARE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>timpii de așteptare până intră la consultația medicului</i> ▪ <i> timpul de așteptare până la primirea rezultatelor</i> ▪ <i> timpul total petrecut în UPU</i>
RESURSE TANGIBILE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>lipsa paturilor sau a scaunelor, insuficiente uneori pentru un număr mare de pacienți</i> ▪ <i>aparatură medicală</i>
RESURSA UMANĂ	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>resursa umană insuficientă</i>
SISTEM INFORMATIC	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>interfața sistemului informatic nesugestivă</i> ▪ <i>sistemul informatic nu este actualizat</i> ▪ <i>procesarea greoaie a informațiilor, în cadrul sistemului informatic</i> ▪ <i>erori conectare card se sănătate</i>
TEMPERAMENTUL PACIENȚILOR	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>temperamentul pacienților</i>
ÎNCREDEREA ÎN PERSONALUL MEDICAL	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>pacienții au încredere că personalul medical din UPU va presta serviciul corect din primul moment</i> ▪ <i>personalul medical va manifesta un interes real pentru rezolvarea urgențelor</i>
SOLICITUDINE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>personalul medical comunică pacientului informații reale referitoare la timpii de așteptare</i> ▪ <i>personalul medical furnizează prompt serviciile solicitate de pacient</i> ▪ <i>personalul medical niciodată nu este prea ocupat ca să răspundă nevoilor pacienților</i>
SIGURANȚA PENTRU PACIENT	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>comportamentul personalului medical induce încredere pacienților</i> ▪ <i>resursa umană fără experiență</i> ▪ <i>personalul medical este politicos cu pacienții</i>

FACTORI	ITEMI
EMPATIA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>personalul medical este atent față de interesele pacienților</i> ▪ <i>personalul medical înțelege nevoile specifice ale pacienților</i> ▪ <i>personalul medical acordă atenția necesară fiecărui pacient în parte</i>
NIVEL DE SATISFAȚIE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>nivelul de satisfacție al pacienților privind procesele medicale din cadrul UPU</i>

4.2. Cercetare cantitativă privind nivelul de satisfacție al pacienților dintr-o unitate de primiri urgențe

Obiectivul principal al acestei cercetări este de a determina principalii factori care influențează nivelul de satisfacție al pacienților dintr-o unitate de primiri urgențe.

Luând în considerare rezultatele obținute la cercetarea calitativă de tip focus-grup, se identifică următoarele obiective secundare:

O1: Determinarea principalelor variabile caracteristice interacțiunii medic-pacient ce influențează nivelul general de satisfacție al pacienților.

O2: Determinarea principalelor variabile caracteristice interacțiunii asistenta-pacient ce influențează nivelul general de satisfacție al pacienților.

O3: Determinarea principalelor variabile caracteristice procesului de informare a pacienților din spital ce influențează nivelul general de satisfacție al pacienților.

O4: Determinarea principalelor variabile caracteristice condițiilor existente în UPU ce influențează nivelul general de satisfacție al pacienților.

Ipoteze de lucru

In continuare s-au formulat mai multe ipoteze de lucru pentru a atinge obiectivele stabilite mai sus.

H1: Nivelul de satisfacție în ceea ce privește interacțiunea pacientului cu medicul influențează pozitiv satisfacția generală a pacienților care s-au prezentat la UPU.

H2: Nivelul de satisfacție în ceea ce privește interacțiunea pacientului cu asistentele medicale influențează pozitiv satisfacția generală a pacienților care s-au prezentat la UPU.

H3: O mai bună gestionare a procesului de informare a pacienților ce se prezintă la UPU ar conduce la un nivel mai ridicat al satisfacției acestora în legătură cu experiența din UPU.

H4: Condițiile slabe din UPU impactează negativ nivelul general de satisfacție al pacienților ce s-au prezentat la UPU.

H5: Timpul de așteptare în UPU influențează puternic negativ nivelul de satisfacție al pacienților din UPU.

Concluziile capitolului 4

Pentru ipoteza H1: „Nivelul de satisfacție în ceea ce privește interacțiunea pacientului cu medicul influențează pozitiv satisfacția generală a pacienților care s-au prezentat la UPU”, rezultatele cercetării au indicat faptul că această ipoteză se confirmă, între cele două variabile existând o corelație puternică, pozitivă ($r=0.644$, $p<0.01$). Analizând dimensiunea interacțiunii dintre medic și pacient, rezultatele cercetării indică faptul că modul în care medicul comunică cu pacientul, acordându-i atenția și respectul cuvenit, este variabila care influențează cel mai mult nivelul de satisfacție al pacienților ($r=0.686$, $p<0.01$). În plus, dacă ar exista probleme în ceea ce privește modul în care medicul răspunde la întrebările pacienților, atunci și nivelul de mulțumire al acestora ar scădea considerabil ($r=0.627$, $p<0.01$). Nu neapărat experiența, ci modul în care medicii înțeleg problemele medicale ale pacienților este un alt element ce influențează puternic pozitiv nivelul de satisfacție al pacienților ($r=0.605$, $p<0.01$), acesta scoțând în evidență că pacienții nu sunt neapărat deranjați de faptul că sunt consultați de medici rezidenți. Problemele legate de empatia și solitudinea medicilor afectează și ele nivelul de satisfacție al pacienților, însă între aceste variabile corelația este doar una moderată, pozitivă ($r=0.414$, $p<0.01$).

Referitor la ipoteza H2: „Nivelul de satisfacție în ceea ce privește interacțiunea pacientului cu asistentele medicale influențează pozitiv satisfacția generală a pacienților care s-au prezentat la UPU”, rezultatele cercetării au indicat faptul că această ipoteză se confirmă, între cele două variabile existând o corelație moderată, pozitivă ($r=0.411$, $p<0.01$), aceasta fiind mai slabă decât corelația studiată în cadrul

ipotezei H1. Pacienții consideră că este mai important ca asistentele medicale să le acorde respectul și atenția cuvenită ($r=0.437$, $p<0.01$) și să manifeste interes în tratarea problemelor lor ($r=0.393$, $p<0.01$), decât să se ocupe efectiv de problemele lor medicale ($r=0.327$, $p<0.01$) sau să le răspundă la neclarități legate de starea de sănătate ($r=0.312$, $p<0.01$). Aceste corelații scot în evidență faptul că pacienții au o mai mare încredere în medici decât în asistentele medicale. În ceea ce privește starea lor de sănătate din momentul sosirii în UPU, aceștia sunt mai degrabă nerăbdători să vorbească cu medicii, chiar dacă numărul asistentelor disponibile este mai mare decât cel al medicilor disponibil, fapt ce conduce la un timp de așteptare mai mare.

Privind ipoteza H3: „O mai bună gestionare a procesului de informare a pacienților ce se prezintă la UPU ar conduce la un nivel mai ridicat al satisfacției acestora în legătură cu experiența din UPU”, rezultatele cercetării au indicat faptul că această ipoteză se confirmă, între cele două variabile existând o corelație puternică, pozitivă ($r=0.725$, $p<0.01$). Această corelație este mai puternică chiar decât în cazul celei studiate pentru ipoteza H1, scoțând în evidență faptul că procesul de informare este unul problematic, fiind factorul care afectează cel mai puternic nivelul de satisfacție al pacienților dintre toți factorii analizați. Aspectele cele mai deranjante pentru pacienți sunt legate de modul în care aceștia sunt informați sau li se explică de către personalul medico-sanitar despre rezultatul analizelor ($r=0.692$, $p<0.01$), despre posibile tratamente alternative pentru afecțiunile avute ($r=0.620$, $p<0.01$), despre consecințele unui posibil refuz/oprirea actului medical recomandat de medic ($r=0.611$, $p<0.01$), și mai puțin despre cum va decurge examinarea medicală ($r=0.586$, $p<0.01$).

Pentru ipoteza H4: „Condițiile slabe din UPU impactează negativ nivelul general de satisfacție al pacienților ce s-au prezentat la UPU”, rezultatele cercetării au indicat faptul că această ipoteză se confirmă, între cele două variabile existând o corelație moderată, pozitivă ($r=0.422$, $p<0.01$). Nivelul de corelație determinat indică faptul că aceste condiții existente în spital sunt chiar mai importante decât interacțiunea dintre pacienți și asistente, problemele existente la nivelul acestor condiții impactând mai mult nivelul mediu de satisfacție al pacienților din UPU. Satisfacția pacienților este influențată pozitiv de funcționalitatea grupurilor sanitare, între cele două variabile existând o corelație pozitivă, moderată ($r=0.414$, $p<0.01$), reprezentativă statistic la

un nivel de încredere de 99%. Aspecte precum temperatura din spital ($r=0,389$, $p<0.01$), curățenia din spital ($r=0.348$, $p<0.01$) sau Iluminatul spațiilor/încăperilor din spital ($r=0.287$, $p<0.01$), sunt variabile ce afectează și ele pozitiv, dar slab nivelul de satisfacție al pacienților, ceea ce înseamnă că problemele apărute în legătură cu aceste aspecte nu sunt atât de importante pentru pacienții ce se prezintă la UPU.

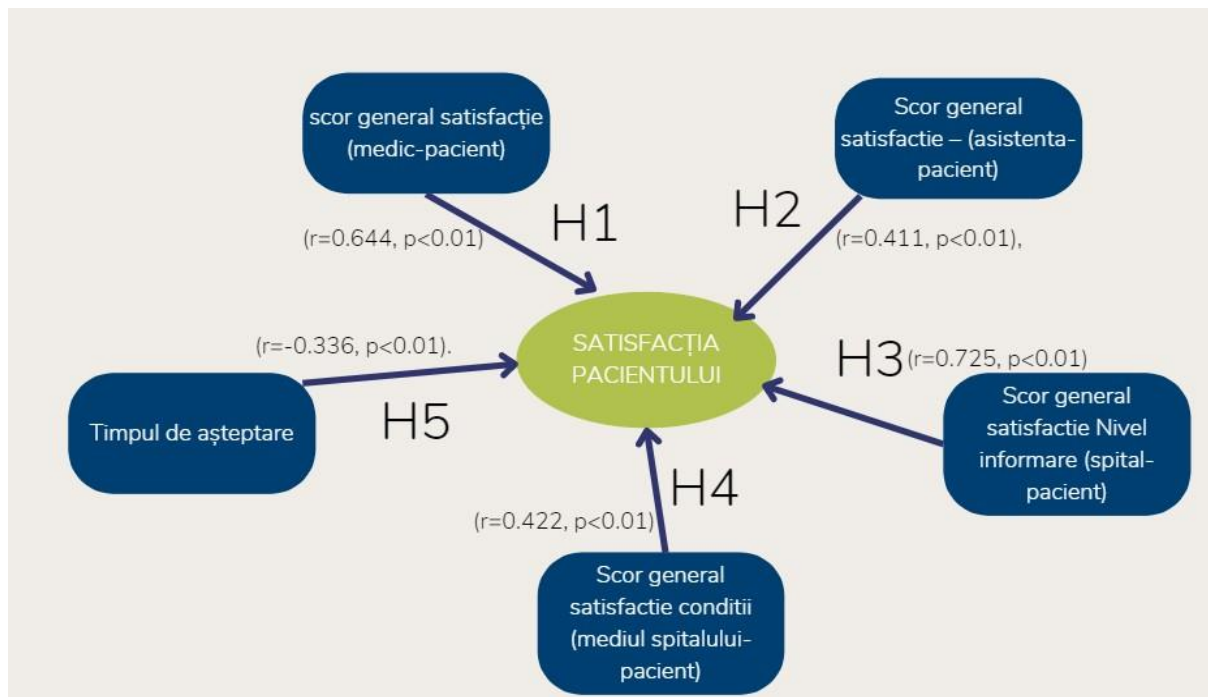


Figura 4.13 Rezultatele ipotezelor cercetării

Privind ipoteza H5: „Timpul de așteptare în UPU influențează puternic negativ nivelul de satisfacție al pacienților din UPU”, rezultatele cercetării au indicat faptul că această ipoteză se infirmă, între cele două variabile existând într-adevăr o corelație negativă, însă aceasta este doar una slabă ($r=-0.336$, $p<0.01$). În schimb, rezultatele cercetării indică faptul că timpul mare de așteptare până la consultație afectează moderat, dar negativ nivelul de satisfacție al pacienților, între cele 2 variabile existând o corelație semnificativă statistic la un nivel de încredere de 99% ($r=-0.504$, $p<0.01$). În plus, se constată că timpul de așteptare până la primirea rezultatelor impactează slab, negativ, satisfacția pacienților din UPU ($r=-0.269$, $p<0.01$), problema cea mai stringentă din punct de vedere al timpului de așteptare rămânând astfel timpul mare de așteptare până la consultație.

În acest capitol s-au identificat principalele nemulțumiri și factori care influențează nivelul de satisfacție al pacienților în UPU, precum timpul de așteptare, resursele

materiale și umane, sistemul informatic, comunicarea și interacțiunea cu personalul medical și asistentele, procesul de informare și condițiile din spital. Aceste rezultate sunt esențiale pentru a înțelege problemele și necesitățile pacienților din UPU și pentru a propune soluții de îmbunătățire ale serviciilor medicale.

În următorul capitol, analiza se va concentra pe procesele din cadrul UPU pentru a construi un model, utilizând rețelele Petri colorate. Un astfel de model poate conduce către îmbunătățirea proceselor medicale, a timpilor de așteptare, a modului de alocare a resurselor și astfel va crește și nivelul de satisfacție al pacienților în UPU.

CAPITOLUL 5. ANALIZA PROCESELOR DIN CADRUL UNEI UNITĂȚI DE PRIMIRI URGENȚE PRIN MODELARE ȘI SIMULARE, FOLOSIND REȚELE PETRI COLORATE

5.1. Analiza generală a parcursului pacientului în Unitatea de Primiri Urgențe

În literatura de specialitate se propun mai multe modele care analizează fluxul pacienților în cadrul unei unități de primiri urgențe. Aceste modele diferă, în funcție de locație, protocolul și organizarea spitalelor analizate. În această secțiune s-a analizat un model propus de O. Derni (Derni, 2019) și (Zhengchun Liu, 2017) care se bazează pe protocolul de triaj ce utilizează scala de triaj ESI (Emergency Severity Index).

Unitățile de primiri urgențe au mai multe zone și resurse (umane și materiale) interconectate între ele prin fluxurile de informații și procesele medicale specifice. Acest lucru este evidențiat în Figura 5.1.

Principalele elemente ale modelului sunt:

- Sosirea pacientului
- Triajul
- Consult medical
- Investigații
- Părăsire zona UPU

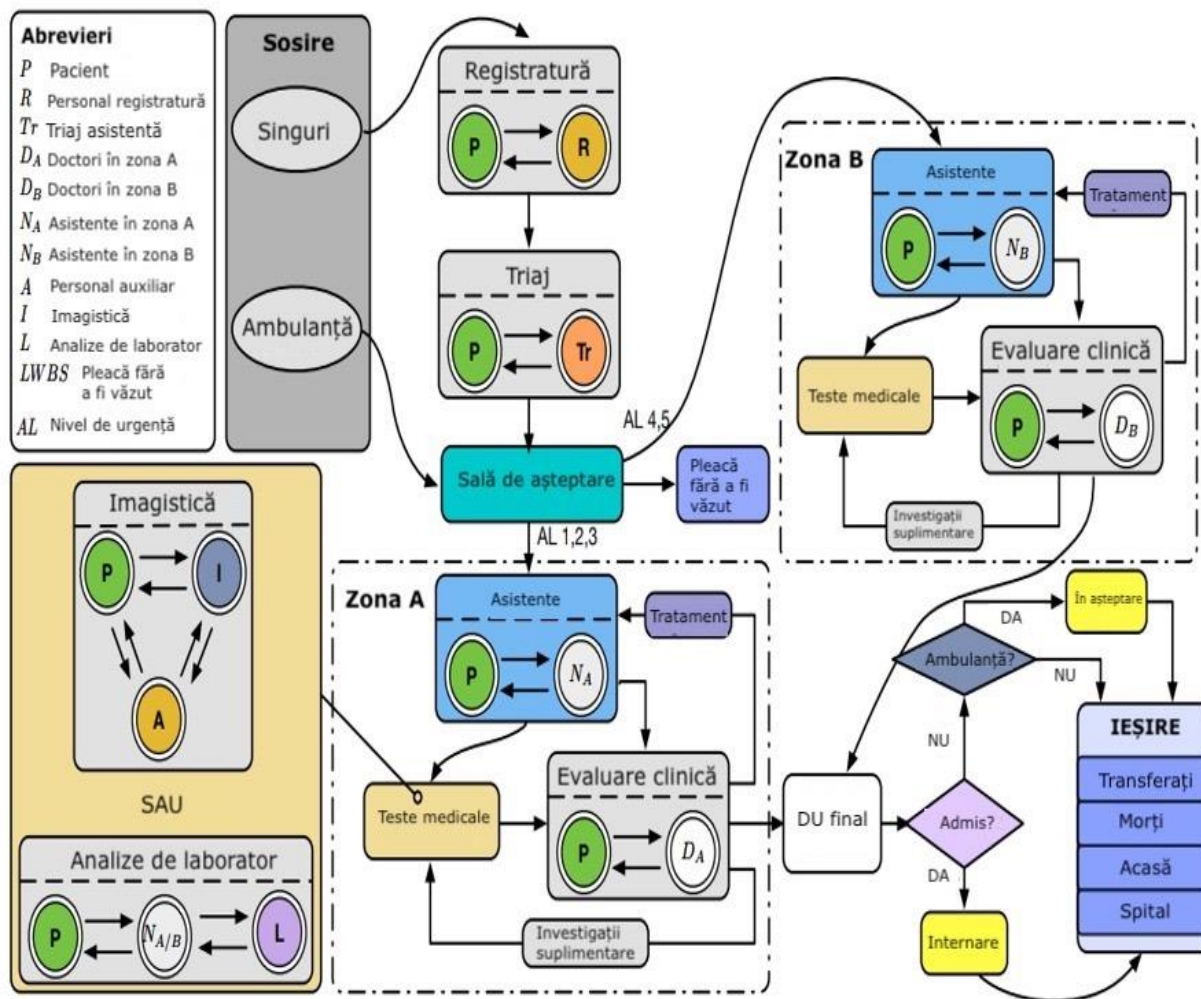


Figura 5.1. Procesul de operare al departamentului de urgență, precum și interacțiunile dintre componentele sale

Sursa: adaptare după (Zhengchun Liu, 2017)

5.2. Construirea unui model pentru unitatea de primiri urgențe

Au fost analizate două spitale de urgență din București, de nivel de competență I A, ulterior construindu-se modelul pentru unul din acestea. Un spital de nivel I A asigură primirea, investigarea și tratamentul definitiv tuturor categoriilor de urgențe critice traumatice, chirurgicale, cardiovasculare, neurologice și neonatologice. Totodată, acest tip de spital are rolul unui spital clinic județean de urgență în județul în care se află, iar în municipiul București un astfel de spital are rolul unui spital municipal de urgență.

Modelul care va fi descris în continuare este un model conceptual care a fost realizat luând în considerare protocolul național privind procedura de triaj, modul de organizare în UPU și protocelele naționale privind procedurile de diagnostic și tratament. Totodată, s-a analizat direct fluxul pacienților și al personalului din UPU,

din cadrul unui spital de urgență de tip I A, integrate în programul STEMI¹ și programul de tromboliză acută în caz de accident vascular cerebral ischemic. Modelul s-a construit în urma mai multor discuții cu personalul medical cu experiență din unitatea de primiri urgențe: medici de urgență, medici de diverse specialități care participă la consulturi în UPU, asistente, rezidenți și brancardieri din UPU.

În Figura 5.3. este prezentat modul în care un pacient care ajunge în unitatea de primiri urgențe poate să fie direcționat în funcție de nivelul de urgență și de investigațiile prescrise. Modelul este împărțit în cinci zone principale: zona de triaj, zona unde ajung pacienții instabili sau în stare critică, zona unde sunt tratați pacienții în stare stabilă, zona unde pacienții cu urgențe minore sunt primiți și zona în care se realizează consulturi specifice la diferite camere de gardă din UPU.

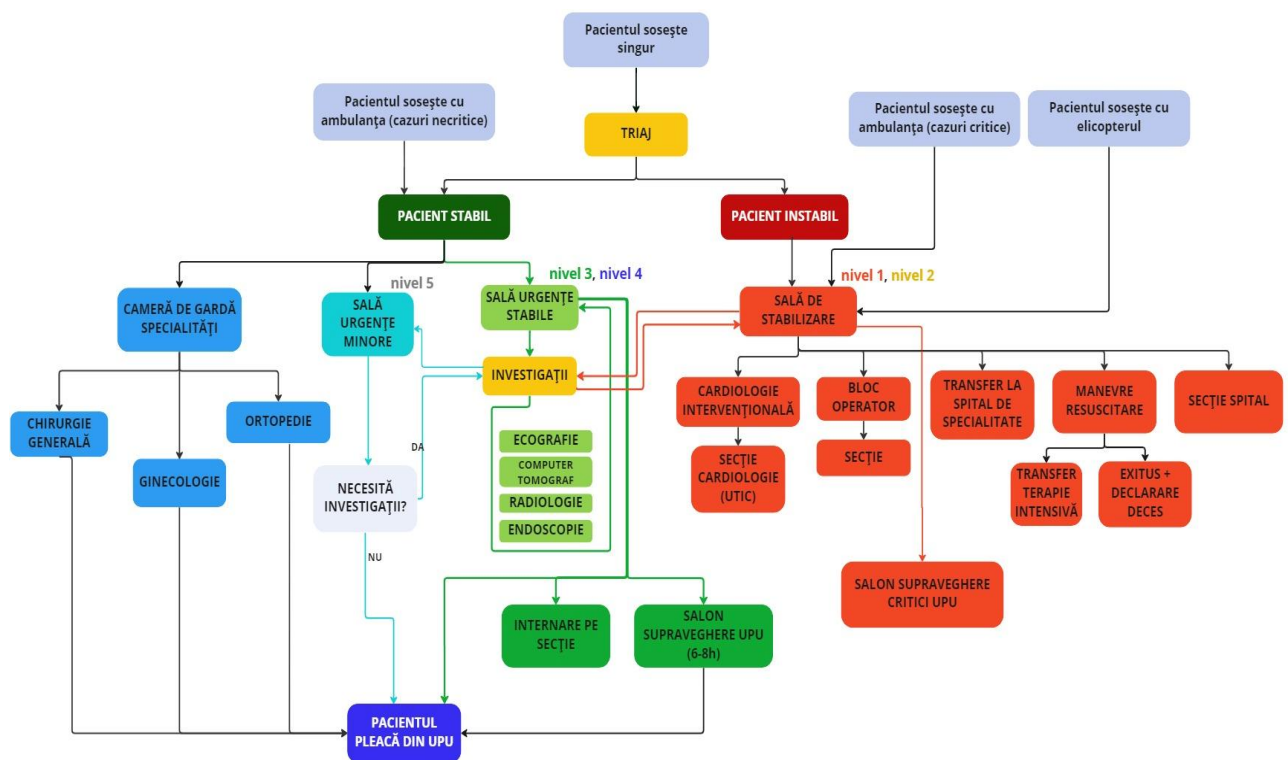


Figura 5.3 Prezentarea modelului propus

Algoritmul de triaj este util pentru a acorda un index de urgență pacienților sosiți la UPU. Există cinci nivele de urgență care se alocă în funcție de patru puncte decizionale:

- Risc vital
- Periculos să aștepte

¹ zi în care spitalul este pregătit cu o echipă de cardiologie intervențională

- Numărul de resurse necesare
- Funcțiile vitale sunt afectate

În Figura 5.4 este prezentat algoritmul de triaj.

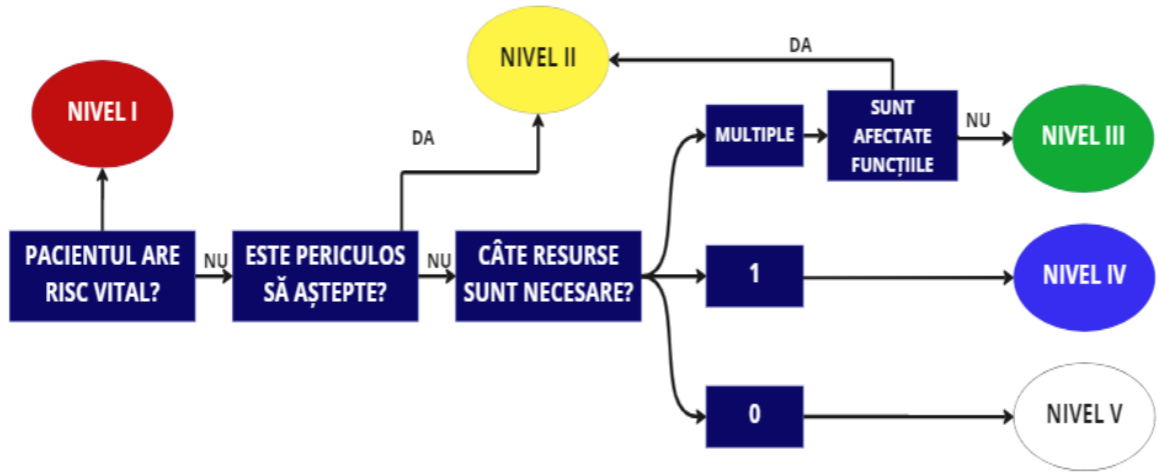


Figura 5.4 Algoritmul național de triaj
Sursa: adaptare după (Legislație, 2023)

Nivelurile de triaj sunt descrise în continuare:

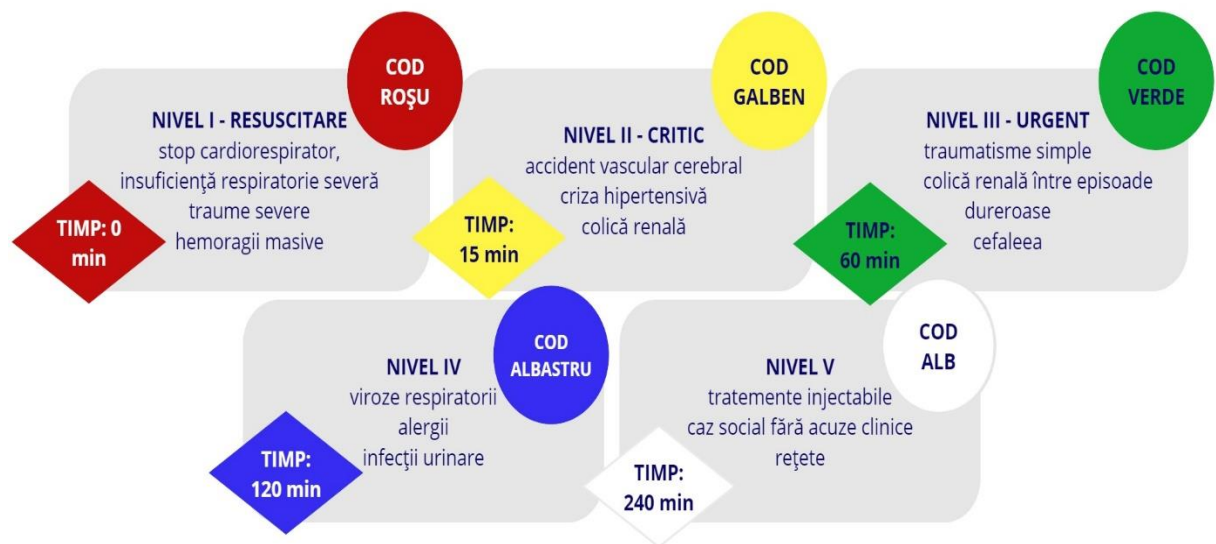


Figura 5.5. Descrierea nivelurilor de triaj

5.3. Descrierea rețelei Petri Colorate realizată pentru modelul propus

Modelarea cu rețele Petri Colorate permite simularea și analiza proceselor dintr-un departament de urgențe prin reprezentarea grafică a acestora. Modelele CPN permit reprezentarea grafică a stărilor și tranzițiilor unui sistem, precum și a interacțiunilor dintre acestea. Rețelele Petri colorate sunt o extensie a rețelelor Petri și permit definirea unor atribute (culori) pentru a reprezenta caracteristicile specifice ale pacienților sau personalului medical. În rețea nu există un singur tip de jeton, pacienții putând avea trasee diferite sau identice, iar alocarea resurselor se face în mod diferit, având în vedere că fiecare caz diferă, iar tratamentele sunt personalizate.

Pacientul are următoarele atribute: (id, ag, gn, sp, lev, afc, cst, stb). Acesta primește un *id (ID)* pentru a putea fi identificat. Se menționează *vârsta (AGE)*, *genul (GEN)* și *specialitatea (SPEC)* principală de care va fi consultat pacientul, în urma consultului medicului de urgență. Totodată, se consideră *nivelul de urgență (LEVEL)* care i se alocă la momentul triajului și *tipul afecțiunii (AFC)* pacientului, pentru a trimite pacientul pe ramura corespunzătoare cazului. Anumite tranziții vor lua în considerare dacă pacientul este *conștient (CST)* (true/false) sau dacă este *stabil (STB)* (true/false), pentru a verifica condiționările formulate.

Cadrele medicale vor avea atributele (id, ag, gn, sp, lv): un id pentru identificare, vârsta medicului, genul, specializarea și nivelul cadrului medical (medic, asistent, rezident, specialist, brancardier).

În Figura 5.9 este prezentată rețeaua Petri colorată realizată pentru Unitatea de Primiri Urgențe. S-au evidențiat cele patru zone principale dintr-o unitate de primiri urgențe, în funcție de gravitatea cazurilor și nivelele de urgență alocate pacienților: zona de triaj, zona critică (urgențe instabile), zona urgentă (urgențe stabile), zona urgențe minore și zona de consulturi de specialitate (camere de gardă specialități).

Rețeaua este formată din 113 locații, 86 de tranziții și 399 arce. Fiecare zonă a modelului de rețea Petri propus a fost descrisă detaliat în teza de doctorat, evidențiindu-se elementele tehnice de realizare a rețelei și aspectele legate de proceduri medicale și condiționările logice construite. Astfel, au fost definite și descrise „culorile” (atributele) rețelei.

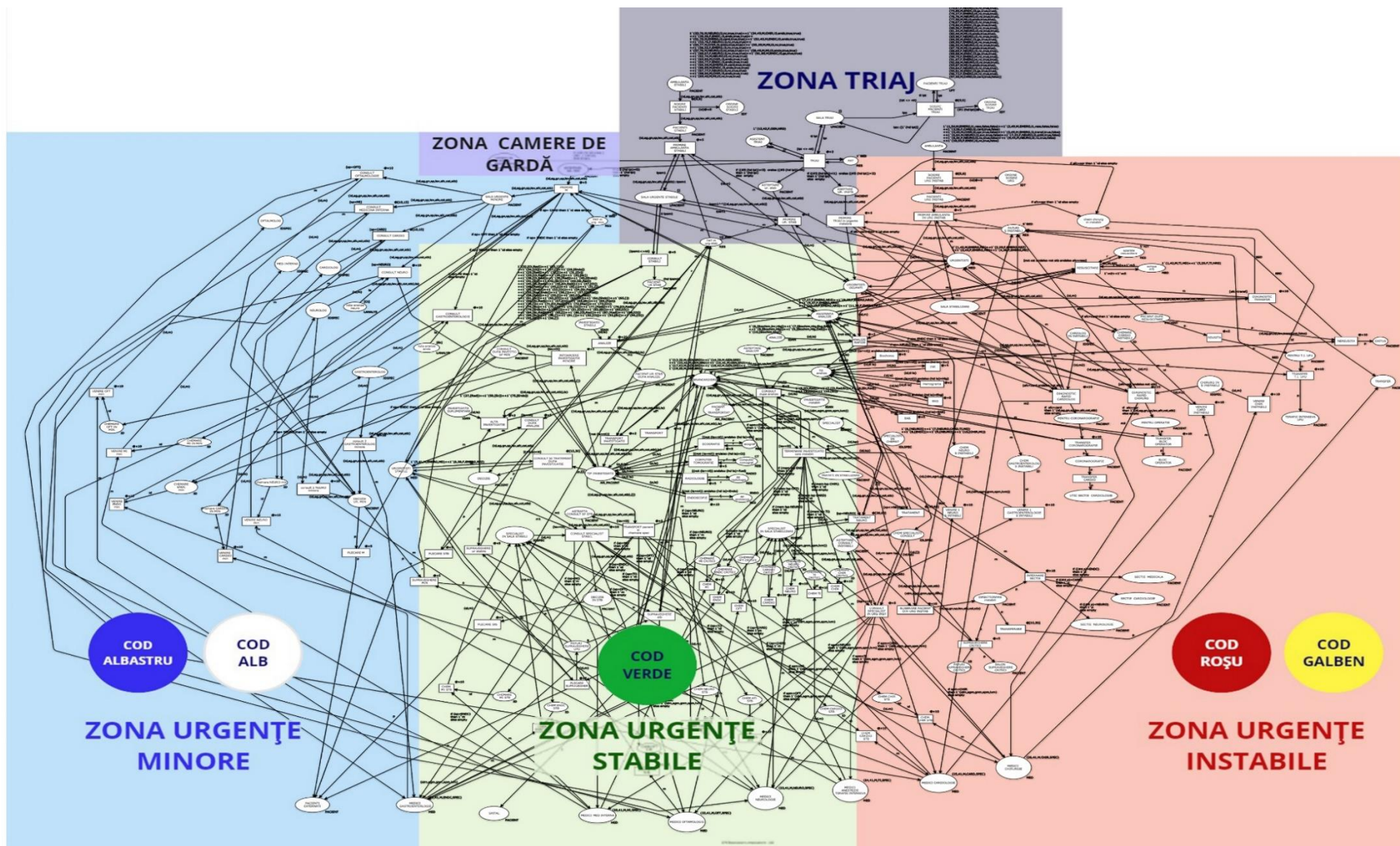


Figura 5.9. Identificarea principalelor zone de urgență ale UPU, în rețeaua Petri Colorată construită (viziune de ansamblu)

CAPITOLUL 6. VALIDAREA MODELULUI PROPUS

6.1. Descrierea metodologiei de simulare

Metodologia de simulare în CPN Tools pentru procesele din Unitatea de Primiri Urgențe implică mai multe etape. În primul rând, s-a realizat o analiză detaliată a procedurilor și a proceselor din UPU din cadrul unui spital de urgență de nivel de competență I A, din București, au fost analizate cazuri medicale și s-a construit modelul, utilizând CPN Tools.

Modelul realizat se testează și se validează utilizând simularea. Aceasta se realizează prin pornirea simulării în CPN Tools și observarea traseului pacienților prin unitatea de primiri urgențe. Totodată, se analizează modul de alocare al resurselor și se identifică eventuale blocaje în fluxul de lucru. De asemenea, se pot efectua teste de stres pentru a evalua performanța sistemului în condiții de supraaglomerare.

Rezultatele obținute din simulări se vor analiza atât calitativ cât și cantitativ. Din punct de vedere **calitativ**, se compară comportamentul modelului cu comportamentul sistemului real modelat. Astfel, este important să se verifice că simularea acoperă toate scenariile relevante pentru UPU și să se identifice eventualele abateri de la aceste scenarii. În acest scop se urmărește traseul cât mai multor tipuri diferite de pacienți prin model, se verifică modul de utilizare al resurselor pentru fiecare traseu și dacă pacientul reușește să ajungă într-una din locațiile finale ale modelului (adică nu rămâne blocat în sistem).

Din punct de vedere **cantitativ**, în modelul construit se pot identifica, în urma simulărilor, timpii următori:

- **timpul total petrecut de pacient până la diagnosticarea completă și redirecționare = *timp final în locațiile de redirecționare* - *timp de intrare în UPU*.**
- **timpul petrecut într-o anumită zonă = *timp ieșire din locații* (timpul la care devine accesibil în locația următoare) - *timp apariție în noua locație* (timpul pe care îl are în noua locație).**

Cu ajutorul funcției de simulare multiplă, din programul CPN Tools, au fost rulate 100 de simulări în rețeaua Petri colorată a modelului pentru UPU. Având în vedere că în rețea există și tranziții pentru care timpii sunt variabili, selectați la momentul simulării dintr-un interval de timp, se realizează simulări stocastice (evoluția sistemului nu este

deterministă). Astfel, rezultatul unei singure simulări nu este suficient pentru interpretarea rezultatelor.

În general, simulările repetate sunt utile pentru a obține o imagine mai precisă a performanței unui sistem și pentru a identifica eventualele probleme sau blocaje în modelul de rețea Petri.

6.2. Simularea cazurilor analizate din UPU

Au fost luate în considerare 4 cazuri medicale și au fost descrise și simulate. Acestea au fost alese pentru a marca codurile de urgență. Totodată, au fost analizate și interpretate împreună cu cadrele medicale, în cadrul UPU al unui spital de nivel de competență I A, din București. Simularea cazurilor s-a realizat în programul CPN Tools, unde a fost realizată rețeaua Petri colorată. Cazurile simulate sunt:

- Accident vascular cerebral ischemic acut, în interval de revascularizare (cod galben = caz pacienți instabili, cu potențial mare de agravare)
- Sindrom vertiginos la pacient vârstnic cu factori de risc cardiovascular (cod verde = urgențe stabile ce necesită investigații)
- Infarct miocardic (cod roșu = caz critic)
- Ulcer gastric (cod albastru = caz non urgent)

Din punct de vedere calitativ, modelul simulat respectă desfășurarea procedurilor din sistemul real observat. Au fost analizate și simulate 4 cazuri care urmăresc principalele zone din rețea și fac referire la codurile de urgență: *urgențe instabile/critice* (cod roșu și galben), *urgențe stabile* (cod verde), *urgențe minore* (cod albastru). Alocarea resurselor, atât cele materiale cât și cele umane, s-a realizat corespunzător ca în cazurile reale studiate.

6.3. Simularea unei situații cu mai mulți pacienți

Rețeaua a fost încărcată cu 87 de pacienți cu diverse afecțiuni și atribute prestabilite astfel încât să fie parcurse toate tranzițiile și locațiile din model. Atributele fiecărui pacient în parte au fost stabilite împreună cu cadrele medicale, astfel încât să se creeze scenarii pentru validarea modelului și pentru evaluarea sistemului modelat în situații de epuizare ale resurselor. Totodată, pentru un număr de cazuri au fost definite:

- liste de investigații în legătură cu cazul fiecărui pacient (se asociază id-ul pacientului și lista de investigații) (Figura 6.59, Figura 6.60).

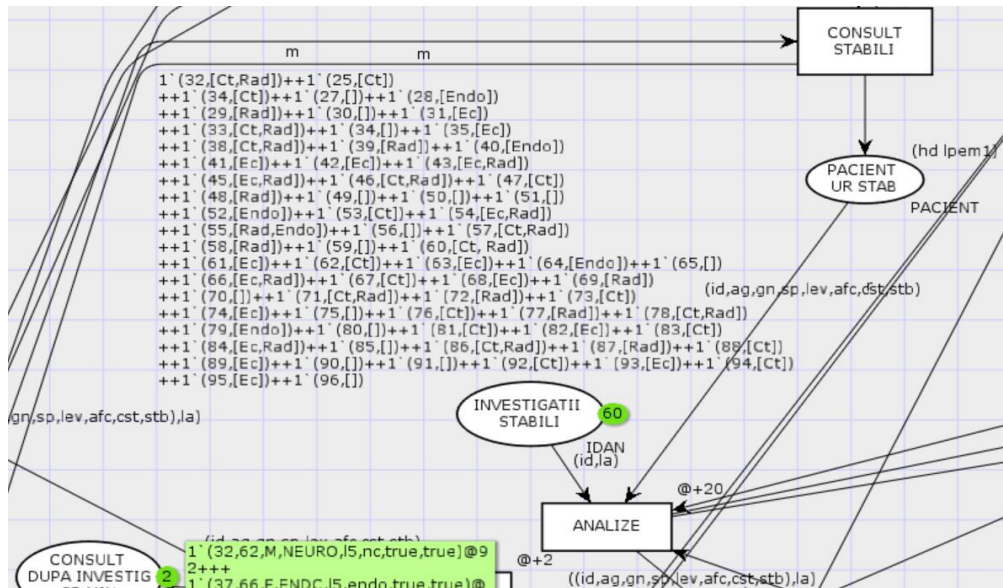


Figura 6.59 Liste de investigații pentru pacienții din zona de urgențe stabile (captură rețea CPN Tools)

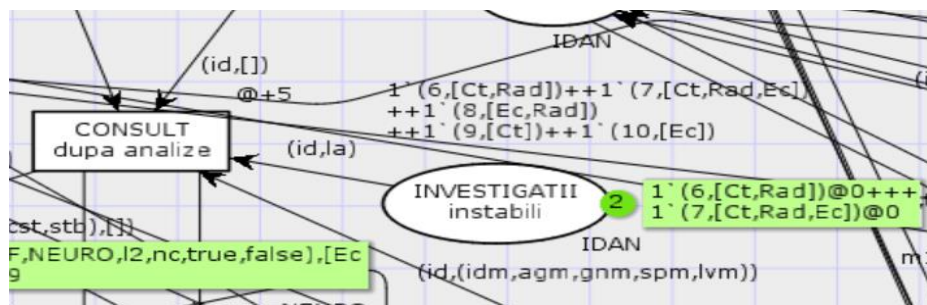


Figura 6.60 Liste de investigații pentru pacienții din zona critică (captură rețea CPN Tools)

- Tipuri de analize în sala de urgențe instabile

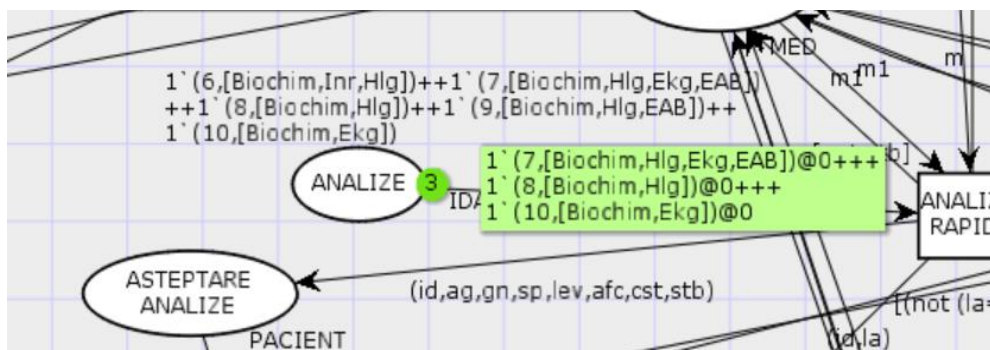


Figura 6.61 Tipuri de analize (captură rețea CPN Tools)

- Liste de specialiști ce trebuie solicitați la consult

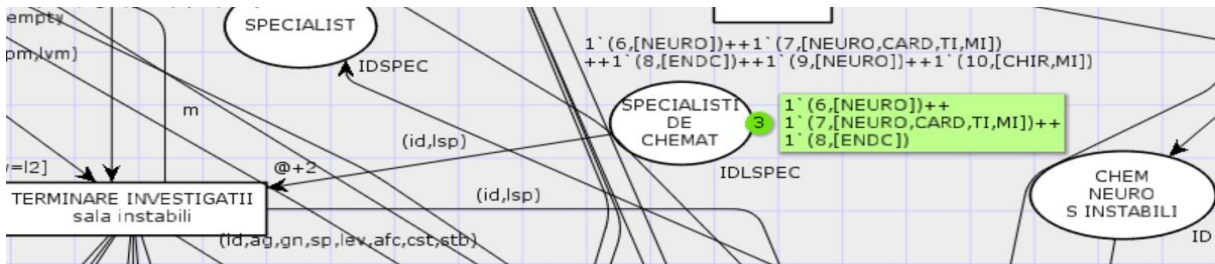


Figura 6.62 Liste de specialiști solicitați în sala de urgențe instabile (captură rețea CPN Tools)

Distribuția cazurilor se bazează pe datele colectate prin observare directă pe un interval scurt de timp. Distribuții statistice ale cazuisticii obținute pe perioade mai lungi pot fi folosite prin schimbarea corespunzătoare a marcajului și vor fi abordate în studii viitoare.

Se prezintă în continuare câteva exemple de momente din cadrul unor simulări ale modelului încărcat cu 87 de pacienți.

Triajul pacienților din zona de urgențe stabile se observă în Figura 6.63. Pacienții sosesc la un interval de 5-8 minute și li se înregistrează timpul la care au intrat în UPU (1'60@6 arată că pacientul cu id-ul 60 a intrat în UPU la momentul 6).

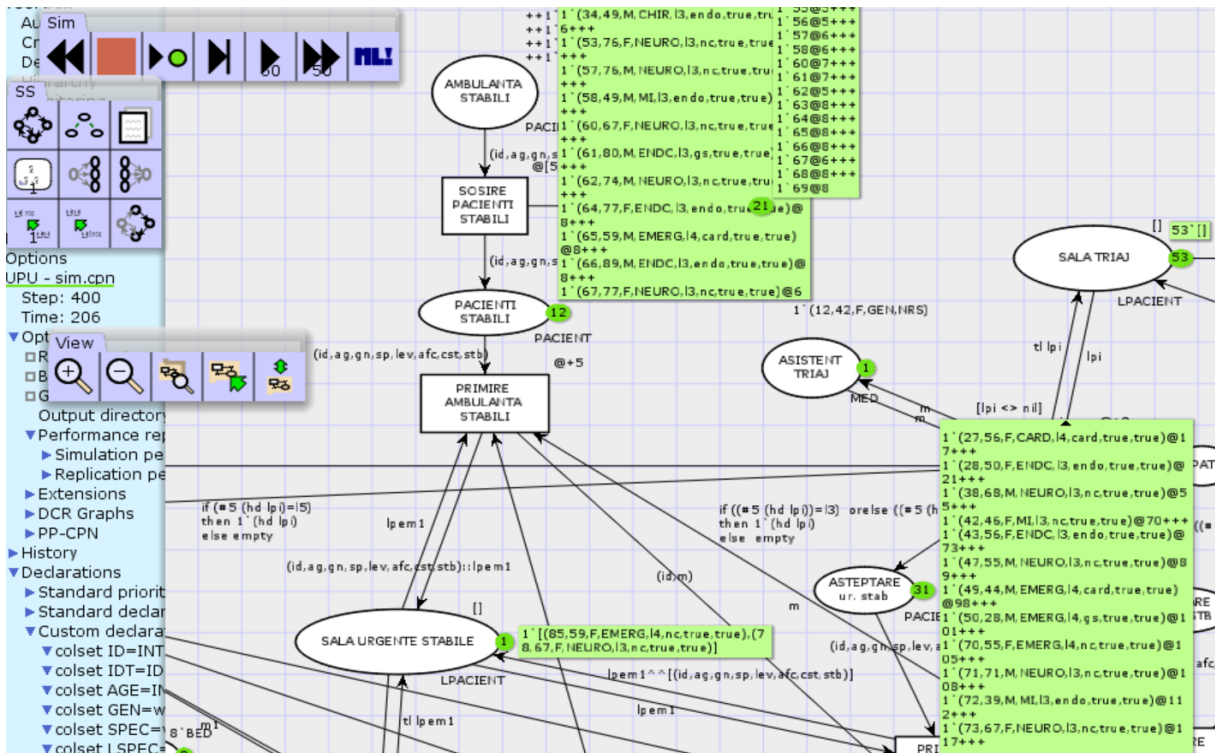


Figura 6.63 Moment captat în simulare - Triajul pacienților din rețea (captură rețea CPN Tools)

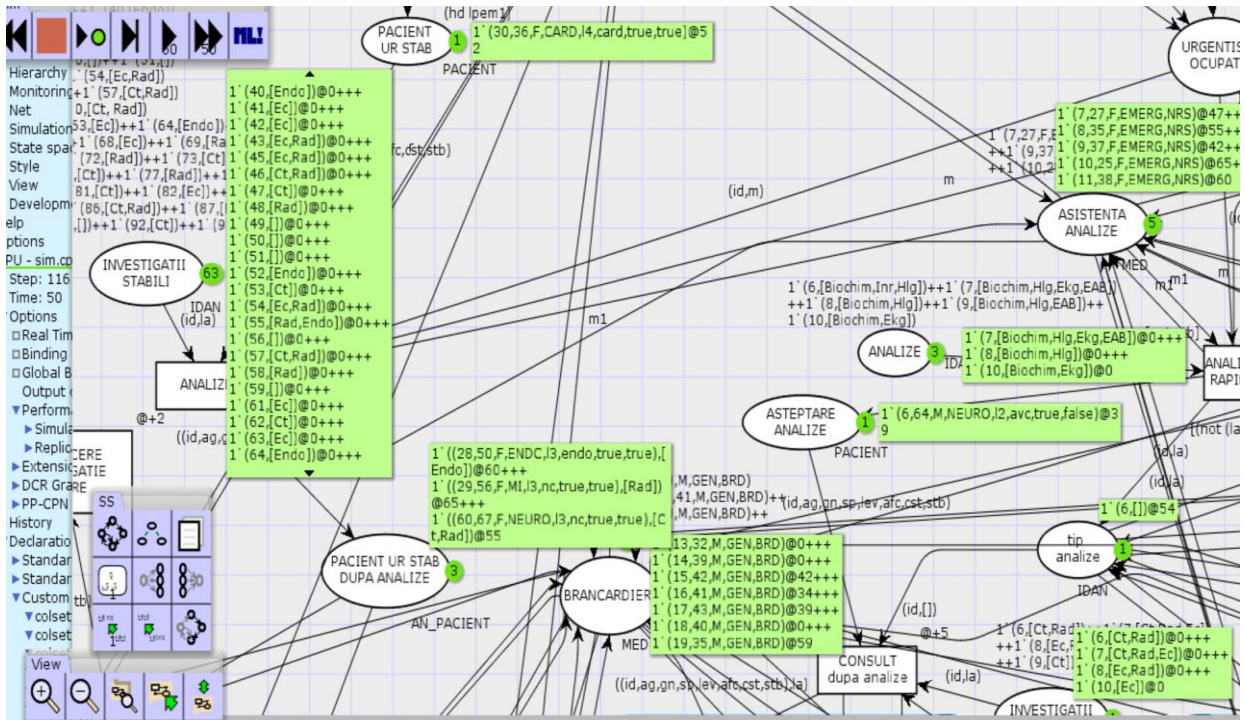


Figura 6.64 Moment captat în simulare (I)

La minutul 54 tranziția *consult după analize* este activată (Figura 6.65). Totodată, observăm că pacientul cu id-ul 30 a ajuns în locația *pacient după analize* și o va părăsi la minutul @72. Din Figura 6.64 și Figura 6.65, putem spune că pacientul cu id-ul 30 a așteptat 20 de minute până să fie preluat de brancardier și transportat către investigații.

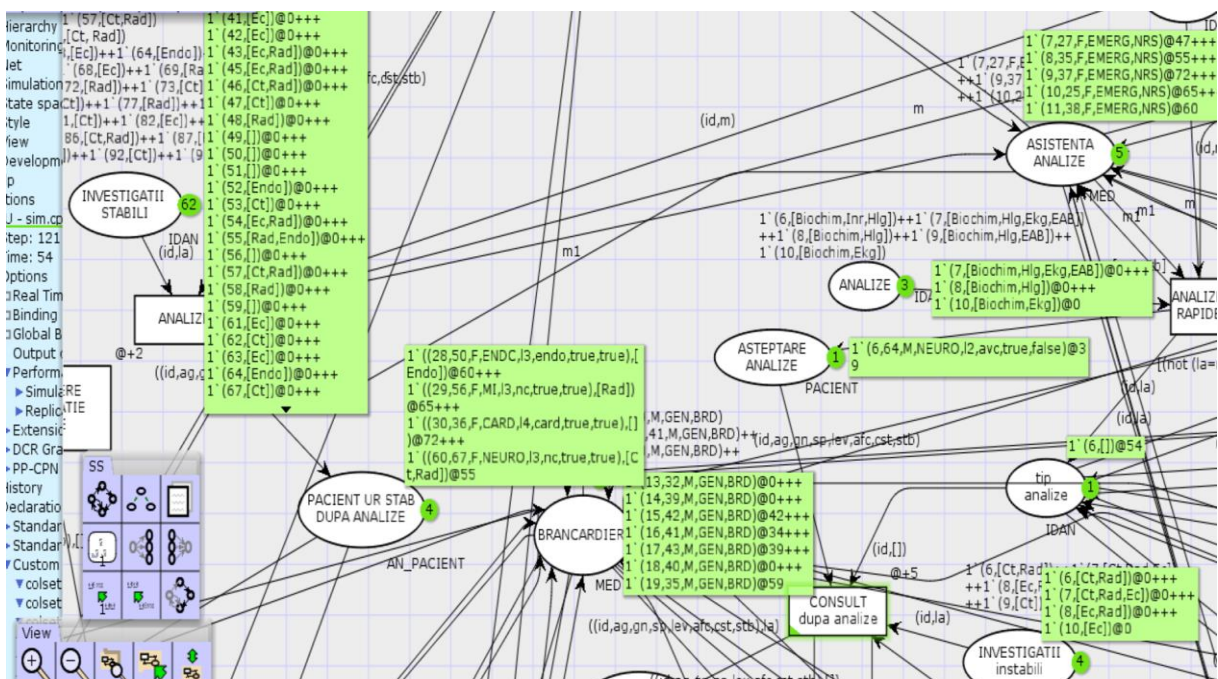


Figura 6.65 Moment captat în simulare (II)

În Figura 6.66 se observă pacienții care așteaptă la investigații și disponibilitatea resurselor privind aparatele de investigații.

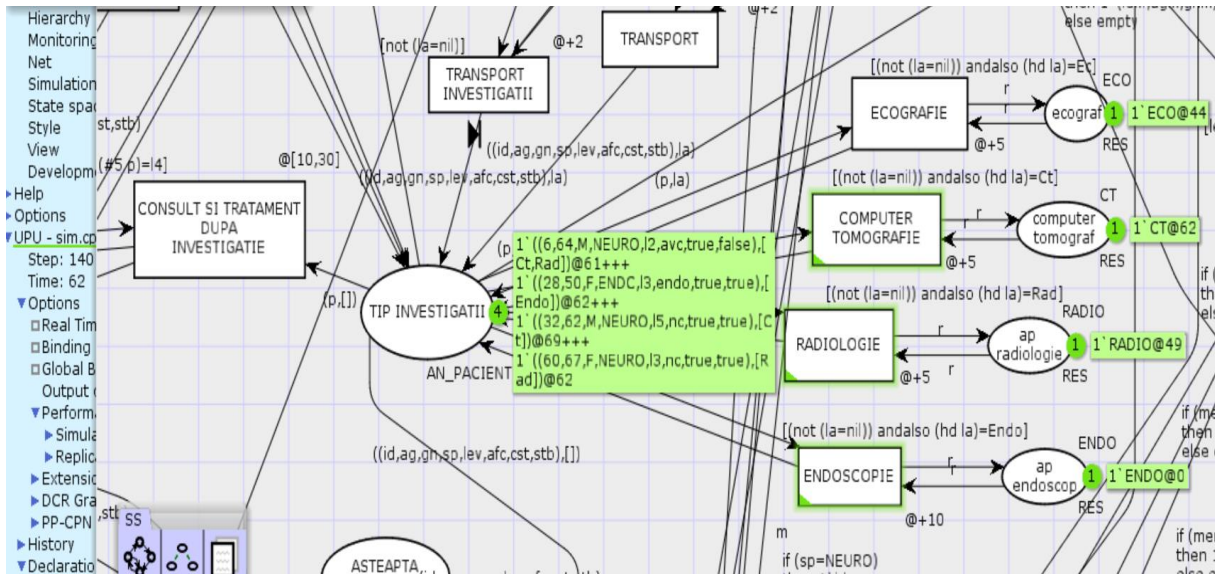


Figura 6.66 Moment în simulare - investigații

Se observă (Figura 6.66) că pacientul cu id-ul 60, menționat anterior, a făcut examenul CT (a finalizat la @62) și mai are în listă *radiologie*, care va fi finalizată la minutul @67.

Observăm pentru exemplificarea solicitărilor medicilor specialiști, Figura 6.68, unde pentru pacientul cu id-ul 7, se solicită 3 medici specialiști: medicină internă, terapie intensivă și cardiologie.

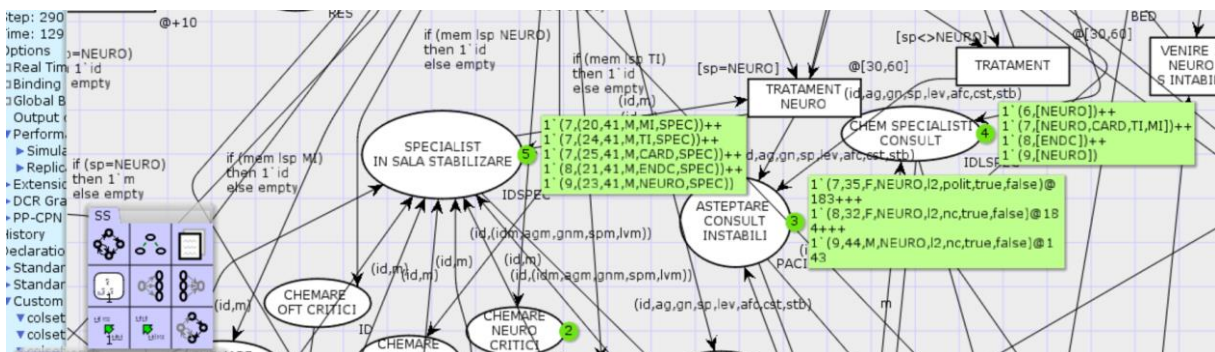


Figura 6.68 Moment captat în simulare – specialiști sosiți în sala de urgențe instabile

În Figura 6.71, se observă că 56 de pacienți au fost externați și 15 internați în spital. În această figură se reprezintă 2 din cele 11 locații finale ale rețelei.

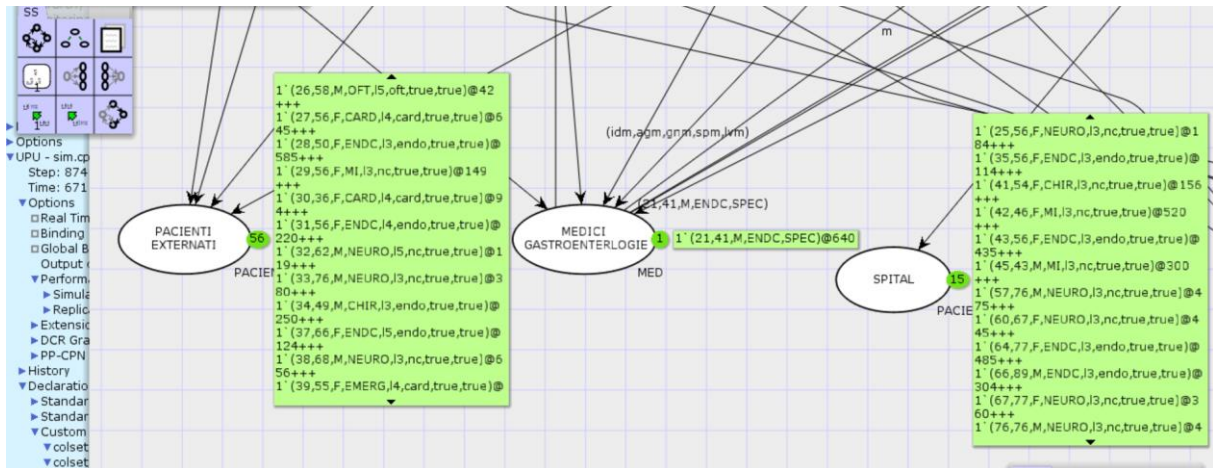


Figura 6.71 Pacienți externati și pacienți internați

În urma simulărilor multiple, s-a observat că toți cei 87 de pacienți au fost consultați, tratați și orientați și au ajuns în locațiile finale (internați pe secții, transferați, decedați, coronarografie, terapie intensivă, bloc operator, camere de gardă specialități, externati).

Au fost realizate 100 de simulări în rețeaua populată cu cei 87 de pacienți. Datorită caracterului stocastic fiecare simulare a necesitat un număr diferit de pași, iar timpul până la care ultimul pacient a părăsit UPU a avut o distribuție statistică cu o medie de 659,43 minute și abaterea standard de 18,81. Toate simulările s-au oprit din cauza faptului că nu mai existau tranziții active în modelul de rețea Petri. În toate simulările marcajele arată că toți pacienții au fost tratați (au fost „procesati” de sistem), adică au ajuns în locațiile finale ale rețelei ceea ce semnifică că pentru cazurile analizate sistemul se comportă calitativ corect. De asemenea, distribuția timpului total este consistentă cu timpii observați în practică ceea ce semnifică că și din punct de vedere cantitativ modelul aproximează bine realitatea.

6.4. Analiza spațiului stărilor

State space (spațiul stărilor) este o caracteristică a CPN Tools, un set de instrumente software pentru analiza și simularea rețelelor Petri colorate (CPN). Spațiul stărilor reprezintă toate stările posibile pe care un model de rețea Petri colorată le poate lua în timpul execuției. Raportul poate fi utilizat pentru a analiza comportamentul modelului și pentru a identifica potențiale probleme în design-ul rețelei Petri colorate, cum ar fi identificarea blocărilor și identificarea secvențelor de evenimente care duc la aceste blocări. Astfel, prin identificarea problemelor se poate îmbunătăți performanța sistemului.

În cazul acestui model, graficul SCC (Strongly Connected Components) are aceleași dimensiuni ca spațiul stărilor: 67 308 noduri și 134 207 arce. Faptul că dimensiunea graficului SCC are aceeași dimensiune ca spațiul stărilor, arată că rețeaua Petri colorată simulată în CPN Tools este un graf orientat puternic conex (strongly connected). Acest lucru poate indica faptul că modelul este bine definit și nu există probleme de blocare sau neperformanță.

De asemenea, dimensiunea mare a spațiului stărilor și a graficului SCC poate indica faptul că modelul este complex și poate necesita o atenție specială la detalii pentru a se asigura că este corect implementat și performant.

În raport (Figura 6.76) se observă „home properties” care indică faptul că nu există o tranziție sau o combinație de tranziții care să permită revenirea rețelei la starea inițială. Totodată, se observă că modelul construit nu are proprietatea de „liveness” (viață) care verifică dacă la orice moment poate fi activată măcar o tranziție. Acest lucru este consistent cu intențiile de proiectare ale modelului.

```
UPU'lista_analize_neuro 1
      1`[Ct]
UPU'tip_analize 1  empty

Home Properties
-----

Home Markings
  Initial Marking is not a home marking

Liveness Properties
-----

Dead Markings
  66185 [9999,9998,9997,9996,9995,...]

Dead Transition Instances
  UPU'ALTA_INVESTIGATIE 1
  UPU'ANALIZE 1
  UPU'ANALIZE_RAPIDE 1
  .....
```

Figura 6.76 Captură din raportul calcului spațiilor de stare (II)

Rețeaua construită s-a modelat fără să se considere un sistem continuu (pacienții nu sosesc în continuu în modelul construit și nici personalul medical nu se schimbă). În cazul de față este normal să existe o stare fără nici o tranziție activă, deoarece toți pacienții sunt procesați de sistem și ajung în stările finale, în funcție de caz. Rețeaua a fost proiectată să funcționeze numai cât timp sunt pacienți de procesat.

CAPITOLUL 7. CONCLUZII

7.1. Discuții și concluzii

În această lucrare s-au identificat principalele nemulțumiri și factori care influențează nivelul de satisfacție al pacienților în UPU, precum timpul de așteptare, resursele materiale și umane, sistemul informatic, comunicarea și interacțiunea cu personalul medical și asistentele, procesul de informare și condițiile din spital. Aceste rezultate sunt esențiale pentru a înțelege problemele și necesitățile pacienților din UPU și pentru a propune soluții de îmbunătățire ale serviciilor medicale. Ulterior, s-au analizat procesele din cadrul UPU pentru a construi un model, utilizând rețelele Petri colorate. Un astfel de model poate conduce către îmbunătățirea proceselor medicale, a timpilor de așteptare, a modului de alocare a resurselor și astfel va crește și nivelul de satisfacție al pacienților în UPU.

În cadrul cercetării s-a construit un model pentru o Unitate de Primiri Urgențe a unui spital de urgență de nivel de competență de tip I A, din București, folosind rețelele Petri colorate. S-a utilizat programul CPN Tools care permite modelarea și simularea proceselor de urgență. Modelul a fost realizat pe baza protocolului național de triaj și a observării directe a proceselor din UPU. Au fost realizate simulări ale modelului și s-a analizat spațiul stărilor din graful rețelei pentru a identifica eventualele probleme din sistem și pentru a evalua resursele necesare.

În forma actuală, rețeaua care s-a construit, permite determinarea *timpului total petrecut de pacient până la diagnosticarea completă și redirecționare* precum și a *timpului petrecut într-o anumită zonă*. Timpul petrecut într-o anumită poziție poate însemna timp de așteptare pentru pacient, timp de tratament, timpul pentru investigații, timp de inactivitate sau timp de tranzit pentru cadrele medicale.

Pe baza timpilor menționați, se poate optimiza:

- timpul total de tranzit al unui pacient
- timpul până la o intervenție critică
- timpul de staționare în anumite etape – de exemplu, timpul de așteptare a specialiștilor sau de așteptare la analize sau investigații.

Jetoanele sunt elementele care circulă în rețea și reprezintă pacienții și medicii. Productivitatea sau „debitul” sistemului (câți pacienți se pot rezolva în unitatea de

timp), se poate măsura prin numărarea jetoanelor și extragerea timpului ultimului pacient. Această măsură a productivității poate fi utilă pentru a evalua performanța sistemului și pentru a identifica eventuale probleme sau blocaje care ar putea împiedica fluxul optim de pacienți prin departamentul de urgență. De asemenea, măsurarea productivității poate ajuta la îmbunătățirea planificării și programării activităților medicale, astfel încât să se poată trata mai mulți pacienți într-un interval de timp dat.

Toți acești parametri pot fi aleși drept criterii de optimizare ale sistemului sau constrângeri pentru optimizare. Faptul că există un model care poate fi simulat, poate fi folosit într-un demers de optimizare euristica - adică atunci când din diverse motive nu se poate face o optimizare exactă matematică. Motivele pot fi:

- nu se poate da o descriere matematică a sistemului și ca urmare a funcției obiectiv care trebuie optimizată (greu de formulat matematic).
- există o reprezentare matematică a funcției obiectiv, dar nu poate fi rezolvată matematic – nu există soluții matematice la momentul de față (de exemplu rădăcinile ecuațiilor polinomiale de grad mai mare ca 4 - nu există o formulă matematică).
- există o reprezentare matematică și există un algoritm de rezolvare, dar acesta nu poate fi aplicat în timp rezonabil pentru dimensiunea reală (practică, utilă) a problemei NP. Timpul de rezolvare depinde de dimensiunea problemei printr-o relație care nu este polinomială (de exemplu, crește exponențial cu dimensiunea problemei).

În toate aceste cazuri, singura rezolvare posibilă este cea euristică – nu se obține soluția rezolvând analitic problema ci căutând o valoare care satisface într-o oarecare măsură (cu o anumită marjă de eroare) condițiile cerute de problemă. Privind simularea, modelul poate da valorile care se doresc a fi analizate (timp, numărul total de pacienți) pentru anumite condiții și parametri dați. Sistemul a fost validat, astfel rezultatele sunt comparabile cu realitatea. Așadar, se poate conduce un proces de optimizare euristică folosind acest model (prin încercări, de exemplu pe bază de gradient).

Explorarea spațiului stărilor permite verificarea formală a sistemului. Se poate verifica și demonstra dacă sistemul are anumite proprietăți sau dacă anumite stări pot fi atinse sau nu în evoluția lui. Astfel, se poate permite testarea anumitor protocoale din

UPU pentru a observa dacă există probleme legate de alocarea resurselor și dacă există blocaje în rețea. Practic, este de preferat ca verificarea unor protocoale și proceduri care se pot propune, să se facă cu ajutorul unei astfel de rețele, având în vedere că în sistemul real ar fi dificil de testat și poate chiar riscant. Totodată, se pot prevedea și se pot garanta proprietăți ale sistemului (conform protocoalelor din UPU, niciun pacient nu rămâne blocat în sistem, toți pacienții care intră în sistem sunt tratați, dacă protocoalele se respectă).

Un model de rețea Petri colorată poate fi folosit pentru a identifica problemele sau blocajele. În cazul în care se dorește îmbunătățirea proceselor din UPU, se pot utiliza rețelele Petri colorate pentru a identifica zonele în care apar probleme referitoare la alocarea resurselor, timpii de așteptare în anumite locații sau probleme legate de întârzieri care pot afecta starea pacienților din sistem. Astfel, acest lucru va susține instituția medicală să ia decizii informate și să aloce resursele în mod eficient, pentru a îmbunătăți procesele și a reduce timpii de așteptare pentru pacienți.

Modelele de rețele Petri sunt o metodă de modelare grafică a sistemelor cu evenimente discrete și sunt utile pentru modelarea sistemelor complexe. În cazul unei unități de primiri urgențe, modelul de rețea Petri colorată realizat în această lucrare este potrivit din mai multe motive:

1. Rețelele Petri colorate sunt o extensie a rețelelor Petri și permit definirea unor atribute (numite culori) pentru a reprezenta caracteristicile specifice ale pacienților sau personalului medical. În rețea nu există un singur tip de jeton, pacienții putând avea trasee diferite sau identice, având în vedere că fiecare caz diferă, iar tratamentele sunt personalizate.
2. Modelarea comportamentelor concurente: o unitate de primiri urgențe poate implica mai multe procese și activități care se desfășoară în paralel. Modelele de rețele Petri sunt eficiente în modelarea acestor comportamente concurente și permit vizualizarea fluxului de lucru între diferitele procese și activități.
3. Modelarea comportamentelor non-deterministe: într-o unitate de primiri urgențe, pot exista evenimente care sunt non-deterministe, ceea ce înseamnă că nu pot fi prezise sau controlate complet. Modelele de rețele Petri pot modela aceste evenimente non-deterministe și pot fi utilizate pentru a explora impactul acestora asupra fluxului de lucru.

4. Vizualizarea și analiza modelului: modelele de rețele Petri sunt reprezentări grafice ale sistemelor și permit o vizualizare intuitivă a proceselor și a fluxului de lucru. Aceste modele pot fi utilizate pentru a analiza performanța sistemului, pentru a identifica potențiale probleme sau blocaje și pentru a optimiza procesele.
5. Modelarea mai precisă a proceselor: rețelele Petri permit o modelare mai precisă a proceselor din cadrul unei unități de primiri urgente față de alte metode de modelare. Aceste rețele pot reprezenta detaliat fluxurile de date și evenimentele care apar într-un sistem, identificând și analizând mai ușor eventualele probleme sau blocaje.
6. Analiza detaliată a proceselor: Rețelele Petri permit analiza detaliată a proceselor din cadrul unei unități de primiri urgente. Acestea pot fi utilizate pentru a identifica eventualele probleme din sistem, precum și pentru a analiza comportamentul sistemului sub diferite condiții. De exemplu, acestea pot fi utilizate pentru a analiza cum ar fi afectat timpul de așteptare al pacienților dacă s-ar fi schimbat anumite proceduri sau fluxuri de lucru.
7. Adaptabilitatea la nevoile specifice ale unității de primiri urgente (interoperabilitate): Rețelele Petri sunt mai flexibile și pot fi adaptate mai ușor la nevoile specifice ale unei unități de primiri urgente decât BPM, de exemplu. Aceasta se datorează faptului că rețelele Petri permit definirea mai precisă a condițiilor și a evenimentelor care declanșează anumite acțiuni din cadrul sistemului.
8. Rețelele Petri colorate au o reprezentare formală, matematică, cu o sintaxă și o semantică bine definite. Această reprezentare este baza pentru definirea diferitelor proprietăți comportamentale și a metodelor de analiză. O astfel de rețea construită pentru UPU poate garanta că soluția este logică – se pot garanta proprietăți ale sistemului.

Prin utilizarea acestui model, este posibil să se obțină o înțelegere mai bună a sistemului real în care procesele interacționează și totodată, să se îmbunătățească eficiența și calitatea serviciilor medicale. Rețeaua realizată este utilă astfel:

- Este un instrument ce permite vizualizarea fluxului de pacienți în UPU și identifică eventuale blocaje ale sistemului care ar putea apărea.

- Identifică punctelor slabe ale procesului și susține elaborarea unor strategii pentru a îmbunătăți fluxul pacienților în UPU.
- Se pot analiza activitățile și modul de alocare a resurselor, care ar putea fi optimizate pentru a reduce timpul de așteptare al pacienților.
- Permite testarea unor scenarii diverse de situații de urgență sau de suprasolicitare a sistemului UPU, pentru a analiza încărcarea resurselor (umane și materiale) și blocaje ce pot apărea. În urma analizei, pot fi propuse de către spital anumite protocoale de urgență.
- Analiza rețelei Petri poate identifica resursele inutile din UPU, astfel încât acestea să fie reduse sau eliminate pentru reducerea costurilor.
- Productivitatea sistemului este dată numărul jetoanelor procesate și este utilă pentru a evalua performanța sistemului și pentru a identifica probleme în sistem. Totodată, ajută la îmbunătățirea planificării activităților medicale.

7.2. Contribuții originale

Elaborarea tezei de doctorat a avut o serie de aporturi personale care au adus o contribuție semnificativă în dezvoltarea lucrării:

- Determinarea modului de utilizare a rețelelor Petri colorate în modelarea proceselor din cadrul unităților de primiri urgențe și analiza tipurilor de servicii, prin intermediul cercetărilor bibliografice.
- Identificarea și analiza instrumentelor și programelor utilizate în modelarea proceselor.
- Determina principalele probleme întâmpinate de personalul medical și de pacienți în cadrul unităților de primiri urgențe-UPU, prin realizarea unei cercetări calitative de tip „focus-grup”.
- Determinarea principalilor factori care influențează nivelul de satisfacție al pacienților dintr-o unitate de primiri urgențe, prin cercetarea cantitativă.
- Sintetizarea procedurilor, modului de organizare și a proceselor din cadrul unităților de primiri urgențe ale unor spitale de urgență, din București, prin cercetări directe, prin observații în UPU și discuții cu cadrele medicale și auxiliare, și cercetări bibliografice (protocoale privind modul de organizare în UPU, triajul și procedurile de diagnostic și tratament).

- Propunerea și dezvoltarea unui model pentru UPU a unui spital de urgență de nivel de competență I A din București, pe baza protocoalelor naționale și pe baza cercetărilor directe din spital.
- Realizarea rețelei Petri colorate pentru unitatea de primiri urgențe a unui spital de urgență de nivel de competență I A, din București, pe baza modelului propus, utilizând programul CPN Tools. A fost stabilită mulțimea „culorilor” (atributelor) pentru jetoanele rețelei Petri. Acestea permit definirea formală a mulțimilor de valori posibile și permit înțelegerea și analiza formală a proprietăților rețelei. O astfel de rețea susține unitatea medicală să ia decizii informate și să aloce resursele în mod eficient, pentru a îmbunătăți procesele și a reduce timpii de așteptare pentru pacienți. Totodată, rețeaua permite: testarea unor scenarii de urgență, reducerea costurilor prin identificarea resurselor inutile, vizualizarea fluxului de medici și pacienți în UPU și identificarea blocajelor.
- Modelarea și simularea unor cazuri reale observate direct în UPU și discutate împreună cu cadrele medicale. Au fost analizate 4 cazuri, într-un spital de urgență de nivel de competență I A, din București, pe cele 4 coduri de urgență: roșu, galben, verde și albastru.
- Validarea modelului prin simulări multiple ale sistemului încărcat cu mai mulți pacienți. Rețeaua a fost încărcată cu 87 de pacienți cu diverse afecțiuni și attribute prestabilite astfel încât să fie parcurse toate tranzițiile și locațiile din model. S-au creat scenarii pentru validarea modelului și pentru evaluarea sistemului modelat în situații de epuizare ale resurselor.
- Realizarea calcului spațiului stărilor rețelei Petri colorate realizate, pentru a analiza comportamentul modelului și pentru a identifica potențiale probleme în proiectarea și construcția rețelei Petri colorate. Astfel, prin identificarea problemelor se poate îmbunătăți performanța sistemului UPU. Explorarea spațiului stărilor permite verificarea formală a sistemului. Se poate verifica și demonstra dacă sistemul are anumite proprietăți sau dacă anumite stări pot fi atinse sau nu în evoluția lui. Astfel, se poate permite testarea anumitor protocoale din UPU pentru a observa dacă există probleme legate de alocarea resurselor și dacă există blocaje în rețea.

7.3. Direcții viitoare de cercetare

Se propun următoarele idei de cercetare în viitor:

- Includerea instrumentelor de monitorizare din programul CPN Tools în rețeaua Petri colorată pentru a calcula automat timpii de așteptare sau procesare în anumite momente. Aceste instrumente de analiză permit măsurarea diferitelor aspecte referitoare la comportamentul sistemului. De asemenea se poate înregistra gradul de folosire a anumitor resurse sau timpul în care personalul este inactiv sau în așteptare.
- Includerea statisticilor pe termen mai lung privind numărul pacienților care sosesc în UPU în anumite intervale de timp, numărul cazurilor în funcție de gradul de urgență, gradul de utilizarea al resurselor pentru investigații (CT) și totodată, statistici privind destinația finală a pacienților (internați, externati, transferați, decedați). Acest lucru ar permite creșterea acurateții modelului.
- Extinderea modelului pentru a asigura proprietatea de „viață” a rețelei (*liveness – din raportul calculului spațiului de stare*), practic, să se genereze continuu pacienți la anumite intervale de timp și să se înlocuiască personalul. Astfel se va permite simularea sistemului real, în care pacienții sosesc în UPU constant.
- Modelarea și simularea altor scenarii mai complexe: agravarea pacienților pe parcurs, cazuri de suprasolicitare a sistemului, simularea Planului Alb pentru managementul incidentelor cu victime multiple și totodată, crearea unor scenarii ce prevăd defectarea aparaturii de investigații.
- Propunerea unui model care să separe cazurile de politraumă de restul cazurilor, deoarece acestea sunt consumatoare de foarte multe resurse și de obicei sunt cazuri critice care trebuie rezolvate într-un timp foarte scurt. În alte țări există acest compartiment destinat doar traumelor, iar pacienții din această zonă nu se intersectează cu cei cu patologii medicale – care ocupă timp și spațiu. Politraumele solicită mai mulți medici de diverse specialități și aparatură de investigații.

LISTA LUCRĂRILOR PUBLICATE

A. Articole publicate în reviste indexate ISI (ISI Web of Knowledge)

1. Barbu, A., Simion, P. C., Popescu, M. A. M., **Marcu, I. C. C.**, and Popescu, M. V. (2020). Exploratory study of the BPM tools used by romanian industrial service companies to increase business performance. TEM Journal, 9(2), 546, WOS:000537903600016x

B. Articole publicate în volumele unor conferințe indexate ISI (ISI Web of Knowledge)

1. **Costea-Marcu, I.C.** and Militaru, G., 2019. Patients' attitudes toward the use of IoT medical devices: empirical evidence from Romania. In Proceedings of the international conference on business excellence (Vol. 13, No. 1, pp. 567-577), WOS:000501603000050
2. **Costea-Marcu, I.C.**, Corocaescu, M., Pollifroni, M. and Militaru, G., 2019, EMPIRICAL INVESTIGATION ON FACTORS INFLUENCING THE BEHAVIORAL INTENTION TO USE 3D PRINTING IN THE MEDICAL FIELD, International Conference on Management and Industrial Engineering, Issue 9, pg. 361-370, WOS:000519338200036
3. Simion, P.C., Popescu, M.A.M., Scarlat, C., **Costea Marcu, I**, 2019, Management Software for Improving the Relation between A Medical Office and its Customers, 34th International-Business-Information-Management-Association (IBIMA) Conference, Madrid, November 13-14, 2019, ISBN978-0-9998551-3-3, pg. 4298-4303, WOS:000556337405092
4. Ganciu, M.R., Barbu, A., **Costea-Marcu, I.C.**, Deselnicu, D.C. and Militaru, G., 2022, August. Improving Organizational Performance Through in Terms of Using the Customer Relationship Management system—an Exploratory Study for SMEs in Romania. In Digital Economy and New Value Creation: 15th International Conference on Business Excellence, ICBE 2021, Bucharest, Romania, March 18–19, 2021 (pp. 115-127). Cham: Springer International Publishing, WOS:000747987000003

5. Popescu, M.V., Simion, P.C., Popescu, M.A.M., Barbu, A., and **Costea-Marcu, I.-C.**, 2020, Digital Platform Model for e-Contracts, 35th IBIMA Conference: 1-2 April 2020, Seville, Spain, Education Excellence and Innovation Management: A 2025 Vision to Sustain Economic Development during Global Challenges Proceedings of the 35th International Business Information Management Association Conference (IBIMA), 1-2 April 2020, Seville, Spain, ISBN: 978-0-9998551-4-1, pp. 11178- 1118, WOS:000661489802003
6. **Costea-Marcu, I.C.**, Simion, P.C., Militaru, G., Niculescu, A., 2019, SURVEY REGARDING KEYWORDS TRENDS IN WASTE MANAGEMENT, International Conference on Management and Industrial Engineering, Issue 9, pg. 814-823, WOS: 000519338200083
7. Ganciu, M.R., **Costea-Marcu, I.C.**, Neghină, R.A., Mănescu, V.A., Moiceanu, G., and Simion, P.C., 2019, ANALYSIS ON THE ADOPTION OF GEORGE-SMART BANKING APPLICATION, BY USING THE TECHNOLOGY ACCEPTANCE MODEL: AN EMPIRICAL RESEARCH IN ROMANIA, International Conference on Management and Industrial Engineering, Issue 9, pg. 45-56, WOS:000519338200004
8. Militaru, G., Deselnicu, D.C., **Costea-Marcu, I.C.**, 2018, USING A SOFTWARE APPLICATION TOOL TO IMPROVE MARKETING ACTIVITIES, International Conference on Advanced Materials and Systems (ICAMS); Bucharest Bucharest: The National Research & Development Institute for Textiles and Leather - INCDTP. (2018): 521-526. DOI:10.24264/icams-2018.X.5, WOS:000464905000083

C. Articole publicate în reviste indexate BDI (Baze de date internaționale)

1. **Costea-Marcu, I.C.** and Militaru, G., 2021. Managing Business Risks for a Software Development Company. FAIMA Business & Management Journal, 9(3), pp.52-59.
2. Tache, M., & **Costea-Marcu, I.C.** 2021. A Historical Approach to the Financial Reporting Under IFRS. International Journal of Business and Management Invention (IJBMI), 10(3), 19-26. ISSN (Online): 2319-8028, ISSN (Print):2319-801X. Disponibil la adresa: www.ijbmi.org.

D. Articole publicate în conferințe indexate BDI (Baze de date internaționale)

1. **Costea-Marcu, I.C.**, Militaru, G. and Ganciu, M.R., 2021. Real-time Monitoring of Patients with Diabetes Using Software Applications-Proposing a Conceptual Model. In Proceedings of the International Conference on Business Excellence (Vol. 15, No. 1, pp. 33-43).
2. **Costea-Marcu, I.C.**, Militaru, G., Simion, C.P., & Dumitrescu, C.I., A Conceptual Model of a Mobile Application to Support Paralyzed Stroke Patient Care at Home, Proceedings of the 36th International Business Information Management Association (IBIMA), ISBN: 978-0-9998551-5-7, 4-5 November 2020, Granada, Spain, p 4885-4888.
3. Purdescu, A. Barbu, I. **Costea-Marcu**, 2022, The Use of Virtual Assistants' Voices to Enhance the Online Education Classes , Proceedings of the 16th annual International Technology, Education and Development Conference (INTED 2022), 7-8 March, 2022, pp. 10054-10061, ISBN: 978-84-09-37758-9.
4. Barbu, E.A., Militaru, G., Popescu, M., **Costea-Marcu, I.C.** and Ganciu, M., 2021. A study on factors affecting the intention to use smart meters. evidence from Romania. International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM, 21(4.1), pp.11-18.
5. Simion, P.C., Popescu, M.A.M., **Costea-Marcu, I.C.** and Grecu, I., 2021. Human Resource Management in Modern Society. In Advances in Science and Technology (Vol. 110, pp. 25-30). Trans Tech Publications Ltd.
6. Catană, S.A.; Barbu, A.; **Costea-Marcu, I.C.**, 2021, Generation Differentiation of Shopping Behavior – FMCG Products. Evidence From an Emerging Market, Proceedings of the 38th International Business Information Management Association (IBIMA), 23-24 November 2021, Seville, Spain, ISBN: 978-0-9998551-7-1, ISSN: 2767-9640, pp.1879-1889
7. Barbu, A., Militaru, G., Moiceanu, G., Purdescu, C.P., **Costea-Marcu, I.C.**, Savu, I.-C., 2021, Measuring The Efficiency of an Industrial Service Company through the DEA Analysis. Evidence from Romania, Proceedings of the 10th International Conference of Management and Industrial Engineering ICMIE 2021, Business Change and Digital Transformation in a World Moving Through Crisis, November 11th – 12th, 2021, Bucharest, Romania, NICULESCU Publishing House, ISSN 2344-0937, ISSN-L 2344-0937, pp. 459-466

8. Dumitriu, D., Alexe, C.G., Deselnicu, D.C., Purdescu, C., Tudor, P., Ioanid, A., and **Costea Marcu, I.C.**, 2020, Business Simulation Software Applications for Developing Students'practical Managerial Competences, 13th annual International Conference of Education, Research and Innovation, 9-10 November, 2020, ISSN: 2340-1095, pg.7392-7399
9. Dumitriu, D., Militaru, G., Drăgoicea, M., Alexe, C.M., Purdescu, C., Tudor, P., and **Costea Marcu, I.C.**, 2020, Software Tools for Providing Students With Business Process Modelling Design Knowledge, 13th annual International Conference of Education, Research and Innovation, 9-10 November, 2020, ISSN: 2340-1095, pg.7349-7357

BIBLIOGRAFIE

1. Allen, L. (2018). The Beveridge Report and the political economy of health care in Britain. *Journal of Public Health*, 40(2), e154-e160. <https://doi.org/10.1093/pubmed/fox025>
2. Asbjørn Rolstadås (1995). "Business process modeling and re-engineering". in: *Performance Management: A Business Process Benchmarking Approach*. p. 148-150.
3. Bader, G. & Rossi, C., 2002. *Focus Groups: A Step-By-Step Guide*. 3rd Edition ed. s.l.:The Bader Group.
4. Ballman, K., 1998. Coloured petri nets: basic concepts, analysis methods and practical use, volume 3. *The American Mathematical Monthly*, 105(5), p.493.
5. Bauer, M., van der Aalst, W. M., & Hinney, H. (2010). Application of colored Petri nets in healthcare management. *International Journal of Medical Informatics*, 79(10), e49-e57. doi: 10.1016/j.ijmedinf.2009.12.013
6. Barbu, A., Simion, P. C., Popescu, M. A. M., **Marcu, I. C. C.**, and Popescu, M. V. (2020). Exploratory study of the BPM tools used by romanian industrial service companies to increase business performance. *TEM Journal*, 9(2), 546
7. Bizagi, 2022, online: <https://www.bizagi.com/en/blog/process-modeling-and-mapping/what-is-process-modeling-6-essential-questions-answered>, Accesat la 17 Martie 2022
8. Bordoloi, S., Fitzsimmons, J. A., Fitzsimmons, M. J., 2018, *Service management: operations, strategy, information technology*. ed. New York: McGraw-Hill Education
9. Breuer, C. (2018). The challenges of implementing a Beveridge-inspired healthcare system in Germany. *Health Policy*, 122(2), 123-127. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2017.11.004>
10. Brian C. Warboys (1994). *Software Process Technology: Third European Workshop EWSPT'94*, Villard de Lans, France, February 7–9, 1994: Proceedings. p. 252.
11. Bruce, A., Guille, R. and Brian, J., 'Technology in Services. Policies for Growth, Trade and Employment', Washington, D.C., National Academy Press, 1988, p.214

12. Buchholz, F. Pfeifer, S. Schwab, 2017, "Colored Petri Nets in Healthcare Applications", 20th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD), 2017, pp. 153-158.
13. Cairoli, F., Fenu, G. and Pellegrino, F.A., 2019, April. Clinical Decision Support Using Colored Petri Nets: a Case Study on Cancer Infusion Therapy. In 2019 6th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT) (pp. 314-319). IEEE.
14. Cardoso, J. & Fromm, H., 2015. Foundations. In: Service Science: Research and Innovations in the Service Economy. s.l.:Springer International Publishing Switzerland, pp. 1-32.
15. Choi, B. K., & Kang, D. (2013). Modeling and simulation of discrete event systems. John Wiley & Sons.
16. Ciocan, M., 2015. Modele de organizare a serviciilor medicale spitalicești în țări din Europa. Drepturile omului, (2), pp.42-51.
17. Clasificarea internațională a serviciilor pentru înregistrarea mărcilor, Ediția a 11-a, Versiunea 2022, <https://osim.ro/images/Marci/Clasificarea-Nisa-2022.pdf>
18. CPN Tools, 2022, online: <https://cpntools.org/2018/01/15/draw-state-spaces-with-cpn-tools/>, Accesat la 17 Martie 2022
19. Creately, 2022, online: <https://creately.com/blog/bpm/business-process-modeling-techniques/>, Accesat la 17 Martie 2022
20. Danesi, A., & Franceschinis, G. (2009). Analysis of Colored Petri Nets. In Guide to Modeling and Simulation of Systems of Systems (pp. 369-387). Springer.
21. David, R., & Alla, H. L. (1992). Du Grafcet aux réseaux de Petri. Hermes.
22. de Souza, P.R., Simão, D.R.A., Tavares, A.R., da Silva, A.R., Micheletti, A.Z.F., Gomes, A.L.M., Ruas, D., Santos, E.L.L.D.A., Pacheco, F.V., Raposo, G. and Rodrigues, F.H.B.D.S., 2021, DirecionaSUS: Mobile Applications and Stochastic Timed Petri Nets for Referral of Patients and Dimensioning Hospital Beds for Health Services.
23. Derni, O. B. (2019). An Advanced Heuristic Approach for the Optimization of Patient Flow in Hospital Emergency Department. International Journal of Intelligent Systems and Applications, 11(9), 29.

24. Derni, O., Boufera, F. and Khelfi, M.F., 2019. An Advanced Heuristic Approach for the Optimization of Patient Flow in Hospital Emergency Department. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, 11(9), p.29.
25. Dragan, M. (2010). Retelele Petri colorate și utilitatea lor în modelarea, validarea și simularea sistemelor. *Meridian Ingineresc*, (2), 14-21.
26. European Emergency medicine in Numbers 2018, https://eusem.org/images/European_EM_in_numbers.pdf, accesat în Noiembrie 2020
27. Fitzsimmons, J.A., and Fitzsimmons, M.J., 2003, "Service management", New York, NY: McGraw-Hill
28. Gehlot, V. (2019, December). From petri NETS to colored petri NETS: A tutorial introduction to NETS based formalism for modeling and simulation. In *2019 Winter Simulation Conference (WSC)* (pp. 1519-1533). IEEE.
29. Gehlot, V. and Nigro, C., 2010, December. An introduction to systems modeling and simulation with colored petri nets. In *Proceedings of the 2010 winter simulation conference* (pp. 104-118). IEEE.
30. Gehlot, V., Robinson, J., Tanwar, M., Sloane, E.B. and Wickramasinghe, N., 2021, December. Toolkit for healthcare professionals: a colored petri nets based approach for modeling and simulation of healthcare workflows. In *2021 Winter Simulation Conference (WSC)* (pp. 1-12). IEEE.
31. Gheorghe A., *Reforma spitalelor publice – evidențe din spațiul european (Policy report 02/2012)*, București: Observatorul Român de Sănătate
32. Girault, C. and Valk, R., 2013. *Petri nets for systems engineering: a guide to modeling, verification, and applications*. Springer Science & Business Media.
33. Grönroos, C. (2007). *Service Management and Marketing*, 3rd ed. Delhi: John Wiley.
34. Harifi, S. and Nikravanshalmani, A., 2018. Design a petri net model for a smart hospital system. *International Journal of Digital Information and Wireless Communications (IJDIWC)*, 1(8), pp.41-46.
35. Hennink, M., 2014. *Focus group discussions. Understanding qualitative research*. 1st Edition ed. Oxford: Oxford University Press.
36. https://insse.ro/cms/sites/default/files/field/publicatii/starea_economica_si_soci_ala_a_romaniei_2022_0.pdf

37. https://insse.ro/cms/sites/default/files/field/publicatii/starea_economica_si_soci_ala_a_romaniei_2022_0.pdf
38. Institutul Național de Statistică, 2022, Starea Economică și Socială a României. 2019 și 2012. Date statistice
39. Institutul Național de Statistică, 2022, Starea Economică și Socială a României. 2019 și 2012. Date statistice, https://insse.ro/cms/sites/default/files/field/publicatii/starea_economica_si_soci_ala_a_romaniei_2022_0.pdf
40. Ionașcu, V. & Pavel, C., 2009. Economia serviciilor - Ed. a 2-a, revăzută și adăugită. București: Editura Pro Universitaria.
41. Ionciță, M., 2002. Economia serviciilor, Teorie și practică, ediția a II-a revăzută. București, 2002: editura Uranus.
42. Ivanov, D., 2017. Operations and supply chain simulation with AnyLogic. Berlin: Berlin School of Economics and Law.
43. Jeng, M.D. and DiCesare, F., 1990, January. A review of synthesis techniques for Petri nets. In 1990 Rensselaer's Second International Conference on Computer Integrated Manufacturing (pp. 348-349). IEEE Computer Society.
44. Jensen, K. (1997). Coloured Petri Nets: Basic Concepts, Analysis Methods and Practical Use. In 7th International Workshop on Petri Nets and Performance Models. <https://doi.org/10.1109/PNPM.1997.648227>
45. Jensen, K., (1992), Coloured Petri Nets, Vol 1, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, doi:10.1007/978-3-662-06289-0
46. Jensen, K., and G. Rozenberg. (Eds.) 1991. High-level Petri Nets—Theory and Application. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag.
47. Jensen, K., and L. M. Kristensen. 2009. Coloured Petri Nets. Modelling and Validation of Concurrent Systems. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag
48. Jensen, K., and L. M. Kristensen. 2015. "Colored Petri Nets: A Graphical Language for Formal Modeling and Validation of Concurrent Systems". Communications of the ACM 58(6):61–70.
49. Kalenkova, A.A., Kuliāmin, V.V., Morozov, A.S. and Cherkasova, E.A. (2015) Analysis of Deterministic and Non-Deterministic Petri Nets. Procedia Computer Science. [Online] 77, pp. 172-179. Disponibil la: doi: 10.1016/j.procs.2015.12.329.

50. Karpowicz, M. and Wąsowski, A. (2014) 'Modelling with Petri Nets', in Nielsen, M. and Filipe, J. (eds.) 'Enterprise Information Systems', Berlin, Heidelberg: Springer, pp. 171-196. doi: 10.1007/978-3-662-44745-2_7.
51. Kotler, Ph., Keller, K. L., Koshy A. și Jha ,M., 2009, Marketing Management, 13th ed., Dorling Kindersley, New Delhi.
52. Kotler, Ph., Keller, K. L., Koshy A. și Jha ,M., 2009, Marketing Management, 13th ed., Dorling Kindersley, New Delhi.
53. Krueger, R. & Casey, M., Thousand Oaks. Focus Groups : A Practical Guide for Applied Research. 5th Edition ed. 2014: SAGE Publications Inc.
54. Kulkarni, V.G., 2016. Modeling and analysis of stochastic systems. Crc Press.
55. Kurt, J. and Lars, M.K., 2009. Coloured Petri Nets modeling and validation of concurrent systems. Hardcover.
56. Law, A. M., Kelton, W. D. (2007). Simulation modeling and analysis (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.
57. Legislație. (2023). Legislație. Preluat de pe <https://legislatie.just.ro/Public/DetaliuDocumentAfis/212311>
58. Liu, D., Wang, J., Chan, S.C., Sun, J. and Zhang, L., 2002. Modeling workflow processes with colored Petri nets. computers in industry, 49(3), pp.267-281.
59. Lovelock, C. H., 1983, Classifying services to gain strategic marketing insights. Journal of marketing, 47(3), 9-20.
60. Lovelock, C.; Wright, L., 2007, Services Marketing: People, Technology, Strategy, 6th ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall
61. Lusch & Vargo, 2006, "The Service-Dominant Logic of Marketing", Armonk, NY: ME Sharpe
62. Mahulea, C., Mahulea, L., García Soriano, J.M. and Colom, J.M., 2018. Modular Petri net modeling of healthcare systems. Flexible Services and Manufacturing Journal, 30(1-2), pp.329-357.
63. Masmoudi, M., Leclaire, P., Cheutet, V. and Casalino, E., 2014. Modelling and simulation of the doctors' availability in emergency department with SIMIO software. Case of study: Bichat-Claude Bernard hospital. In Mechatronic Systems: Theory and Applications: Proceedings of the Second Workshop on Mechatronic Systems JSM'2014 (pp. 119-129). Springer International Publishing.

64. Ministerul Sănătății Publice, 2007, Ordin nr. 1.706 din 2 octombrie 2007 privind conducerea și organizarea unităților și compartimentelor de primire a urgențelor, online: <https://legislatie.just.ro/Public/DetaliiDocument/86455> Accesat la 15 august 2022
65. Ministerul Sănătății Publice, 2006, Ordinul nr. 1764/2006 privind aprobarea criteriilor de clasificare a spitalelor de urgență locale, județene și regionale din punctul de vedere al competențelor, resurselor materiale și umane și al capacității lor de a asigura asistența medicală de urgență și îngrijirile medicale definitive pacienților aflați în stare critică, online: <https://lege5.ro/App/Document/geydcmsvzi/ordinul-nr-1764-2006-privind- aprobarea-criteriilor-de-clasificare-a-spitalelor-de-urgenta-locale-judetene-si-regionale-din-punctul-de-vedere-al-competentelor-resurselor-materiale-si-umane-si-al-capaci>, Accesat la 10 ianuarie februarie 2022.
66. Ministerul Sănătății, 2011, ORDIN nr. 323 din 18 aprilie 2011 privind aprobarea metodologiei și a criteriilor minime obligatorii pentru clasificarea spitalelor în funcție de competență, Disponibil la: <https://legislatie.just.ro/Public/DetaliiDocument/127826>, Accesat la 14 august 2022.
67. Murata, T., 1989. Petri nets: Properties, analysis and applications. Proceedings of the IEEE, 77(4), pp.541-580.
68. Mykoniatis, K., 2015. A Generic Framework For Multi-Method Modeling and Simulation of Complex Systems Using Discrete Event, System Dynamics and Agent Based Approaches.
69. Ncgmedical, 5 Types of Healthcare Organizations and Their Medical Billing Practices, 2021, accesat pe 3 Aprilie 2021
70. News, (2022), Bilanț DSU pentru 2022, online: <https://www.news.ro/social/bilant-dsu-2022-adresabilitate-crestere-serviciile-urgenta-31-33-fata-2021-15-dintre-cazuri-ar-putut-rezolvate-parte-numarul-cazurilor-covid-19-scadere-deficit-personal-usor-corectat-1922405628002023021421035722>, Accesat la 28 februarie 2023
71. Odetta Duma, Management în sănătate, Ed. PIM, Iași, 2011
72. Oficiul de Stat pentru Inventții și Mărci, 2022, Clasificarea internațională a serviciilor pentru înregistrarea mărcilor, Ediția a 11-a, Versiunea 2022 , <https://osim.ro/images/Marci/Clasificarea-Nisa-2022.pdf>

73. Ökten, N. Z., Okan, E. Y., Arslan, Ü., & Güngör, M. Ö. (2019). The effect of brand value on economic growth: A multinational analysis. *European research on management and business economics*, 25(1), 1-7.
74. Organizarea și funcționarea spitalelor, Legea 95/2006, <https://lege5.ro/Gratuit/g42tmnjsgi/organizarea-si-functionarea-spitalelor-lege-95-2006?dp=hazdanbyg43dg>, accesat pe 15 Mai 2021
75. Puchta, C. & Potter, J., 2004. *Focus Group Practice*. 1st Edition ed. London: SAGE Publications Ltd.
76. Sabri Hamana, V.A., Xie, X., Durand, T., Aloui, S., Doly, A. and Perrier, L., 2021, A Petri-net-based framework for modeling, analysis, and economic evaluation of territorial health information systems.
77. Schmenner, R., "How can service business survive and prosper?", *Sloan Management Review*, vol.27, no.3, Spring, 1986, p.25
78. Schmenner, R., How can service business survive and prosper?, *Sloan Management Review*, vol.27, no.3, Spring, 1986, p.25
79. Septiani, W., Divia, G.A. and Adisuwiryo, S., 2020, April. Warehouse layout designing of cable manufacturing company using dedicated storage and simulation promodel. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 847, No. 1, p. 012054). IOP Publishing.
80. Shararah, M.A., El-Kilany, K.S. and El-Sayed, A.E., 2011. Value stream map simulator using extendsim. In *Proceedings of the World Congress on Engineering* (Vol. 1, pp. 6-8).
81. Sinitchi G., Barliba I., Sisteme de sănătate europene, în revista „Practica Medicală” – Vol. 3, Nr. 3, 2008
82. Softwaresim, 2022, A gentle introduction to discrete event simulation, online: <https://softwaresim.com/blog/a-gentle-introduction-to-discrete-event-simulation/>, Accesat la 17 Martie 2022
83. Spohrer, J., Maglio, P. P., Bailey, J., & Gruhl, D. (2007). Steps toward a science of service systems. *Computer*, 40(1), 71-77.
84. Starly, B., Fang, Z., Sun, W., Shokoufandeh, A. and Regli, W., 2005. Three-dimensional reconstruction for medical-CAD modeling. *Computer-Aided Design and Applications*, 2(1-4), pp.431-438.

85. State of health in the EU, Romania country health profile 2021, https://health.ec.europa.eu/system/files/2021-12/2021_chp_romania_english.pdf, accesat pe 7 Mai 2021
86. Stănciulescu, E., 2006. Focus-grupul și alte interviuri de grup. Disponibil la: <https://elisabetastanciulescu.ro/wp-content/uploads/2011/03/Focus-grupul-și-alte-interviuri-de-grup.pdf>
87. TechTarget Networks, 2022, Discrete event simulation, online: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/discrete-event-simulation-DES>, Accesat la 17 Martie 2022
88. Thomas Dufresne & James Martin (2003). "Process Modeling for E-Business". INFS 770 Methods for Information Systems Engineering: Knowledge Management and E-Business.
89. Tinini, R.I., dos Santos, M.R.P., Figueiredo, G.B. and Batista, D.M., 2020. 5GPy: A SimPy-based simulator for performance evaluations in 5G hybrid Cloud-Fog RAN architectures. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 101, p.102030.
90. Ullman, J. D. 1998. *Elements of ML Programming*. New Jersey: Prentice-Hall
91. Vedantu, What is a Hospital, 2023, <https://www.vedantu.com/biology/hospital>, accesat la 5 Ianuarie 2023
92. Vladescu C., *Managementul serviciilor de sănătate*, Editura Expert 2000
93. Wang, J., Tian, J. and Sun, R., 2018, March. Emergency healthcare resource requirement analysis: A stochastic timed Petri net approach. In 2018 IEEE 15th International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC) (pp. 1-6). IEEE.
94. Wang, T., Guinet, A., Belaidi, A. and Besombes, B., 2009. Modelling and simulation of emergency services with ARIS and Arena. Case study: the emergency department of Saint Joseph and Saint Luc Hospital. *Production Planning and Control*, 20(6), pp.484-495.
95. Wang, Y.R. and Chen, A.N., 2016. Production logistics simulation and optimization of industrial enterprise based on Flexsim. *International Journal of Simulation Modelling*, 15(4), pp.732-741.
96. Williams, S. (1967) "Business Process Modeling Improves Administrative Control," In: *Automation*. December, 1967, pp. 44 - 50.

97. Wirtz, J., & Lovelock, C. (2021). *Services marketing: People, technology, strategy*. World Scientific.
98. Yu, Q., Cai, L. and Tan, X., 2018. Airport emergency rescue model establishment and performance analysis using colored petri nets and CPN Tools. *International Journal of Aerospace Engineering*, 2018.
99. Yu, W., Jia, M., Fang, X., Lu, Y. and Xu, J., 2020. Modeling and analysis of medical resource allocation based on Timed Colored Petri net. *Future Generation Computer Systems*, 111, pp.368-374.
100. Zeinalnezhad, M., Chofreh, A.G., Goni, F.A., Klemeš, J.J. and Sari, E., 2020. Simulation and improvement of patients' workflow in heart clinics during COVID-19 pandemic using timed coloured petri nets. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(22), p.8577.
101. Zhengchun Liu, D. R. (2017). An agent-based model for quantitatively analyzing and predicting the complex behavior of emergency departments. *J. Comput. Sci.*, 21, 11-23.
102. Zhu, A., Sala, A. and Wang, J., 2022, November. Colored Petri Nets Based Patient Flow Modeling and Optimal Staffing in Emergency Healthcare. In *2022 International Conference on Cyber-Physical Social Intelligence (ICCSI)* (pp. 686-691). IEEE.