

# MODELAREA MATEMATICĂ A CERERII DE TRANSPORT PUBLIC. STUDIU DE CAZ: ZONA PITEȘTI-VEDEA DIN JUDEȚUL ARGHEȘ

<sup>1</sup>Alexandru BOROIU, <sup>1</sup>Ionel VIERU, <sup>2</sup>Andrei-Alexandru BOROIU

<sup>1</sup>Universitatea din Pitești, <sup>2</sup>Universitatea "Politehnica" din București

**Abstract:** În cadrul sistemului de transport de persoane prin servicii regulate Argeș, zona Pitești-Vedea se individualizează distinct ca urmare a unei rețele rutiere bine delimitate și a unei singure legături rutiere cu polul principal de transport – municipiul Pitești, astfel că sunt îndeplinite condițiile pentru a fi considerată un sistem închis -, condiție în care se poate evalua cererea de transport pe baza modelului gravitațional. Utilizând softul Visum, dedicat planificării transporturilor, s-a determinat matricea Origine-Destinație pentru zona Pitești-Vedea și a fost afectată cererea de transport pe rețeaua de transport public, rezultând, în final, diagrama fluxurilor de transport – așa-numita "diagramă păianjen". Rezultatele obținute vor constitui suport pentru proiectarea noului program de transport public de persoane prin servicii regulate Argeș 2013-2018 pentru traseele din zona Pitești-Vedea.

**Cuvinte cheie:** sistem de transport de persoane prin servicii regulate, softul Visum, rețea rutieră, cerere de transport, matrice "Origine-Destinație", "diagrama păianjen".

## 1. Noțiuni teoretice

Pentru a evalua mobilitatea populației în interiorul unei zone (aceasta poate fi doar o unitate administrativ-teritorială sau o zonă ce grupează mai multe localități), se are în vedere că activitățile economice și sociale generează și atrag deplasări care se produc în spațiu. Interacțiunea spațială ia în calcul deplasările în spațiu pentru a constitui un suport teoretic care să permită explicarea fluxurilor între entitățile spațiale [1]. Atunci când datele de ieșire sunt cunoscute, poate fi realizată o mai bună alocare a resurselor de transport (infrastructura și mijloacele de transport).

Interacțiunile spațiale sunt funcții ce depind de atributele locurilor de origine, de atributele locurilor de destinație, ca și de "rezistența la deplasare" între origini și destinații (ce exprimă dificultățile deplasării).

Modelul gravitațional este foarte adecvat pentru evaluarea interacțiunilor spațiale. Formula generală pentru un model gravitațional elementar este următoarea [2]:

$$T_{ij} = k \frac{P_i \cdot P_j}{d_{ij}^2} \quad (1)$$

unde:

- $P_i$  și  $P_j$  sunt populațiile locurilor de origine, respectiv de destinație (sunt mărimi ce determină mobilitatea prin emisivitate și atractivitate);
- $d_{ij}$  este distanța dintre locul de origine și locul de destinație (exprimă rezistența la deplasare);
- $k$  este o constantă de proporționalitate (este utilizată pentru calibrarea modelului).

## 2. Formalizarea rețelei de transport

În cadrul județului Argeș, zona Pitești – Vedea se individualizează ca o entitate distinctă, date fiind condițiile economico-geografice ale zonei: zona Pitești – Vedea este dispusă în Piemontul Cotmenei, unitate geografică caracterizată printr-un mănunchi de râuri ce pornesc în evantai din Morărești și legătura cu municipiul Pitești se realizează printr-o singură arteră rutieră, drumul național DN 67B, Pitești – Drăgășani, care traversează toate văile din Piemontul Cotmenei și la care sunt racordate toate drumurile secundare (județene sau comunale). La Nord, limita zonei este între drumul DN 67B și drumul european E81 (Pitești – Râmnicu Vâlcea), iar la Sud între drumul DN 67B și drumul european E65 (Pitești – Slatina).

Individualizarea distinctă a zonei a determinat, în consecință, constituirea unei subrețele de transport public județean pentru zona Pitești – Vedea, constituită din traseul principal Pitești – Poiana Lacului – Vedea și alte 7 trasee secundare (fig. 1).

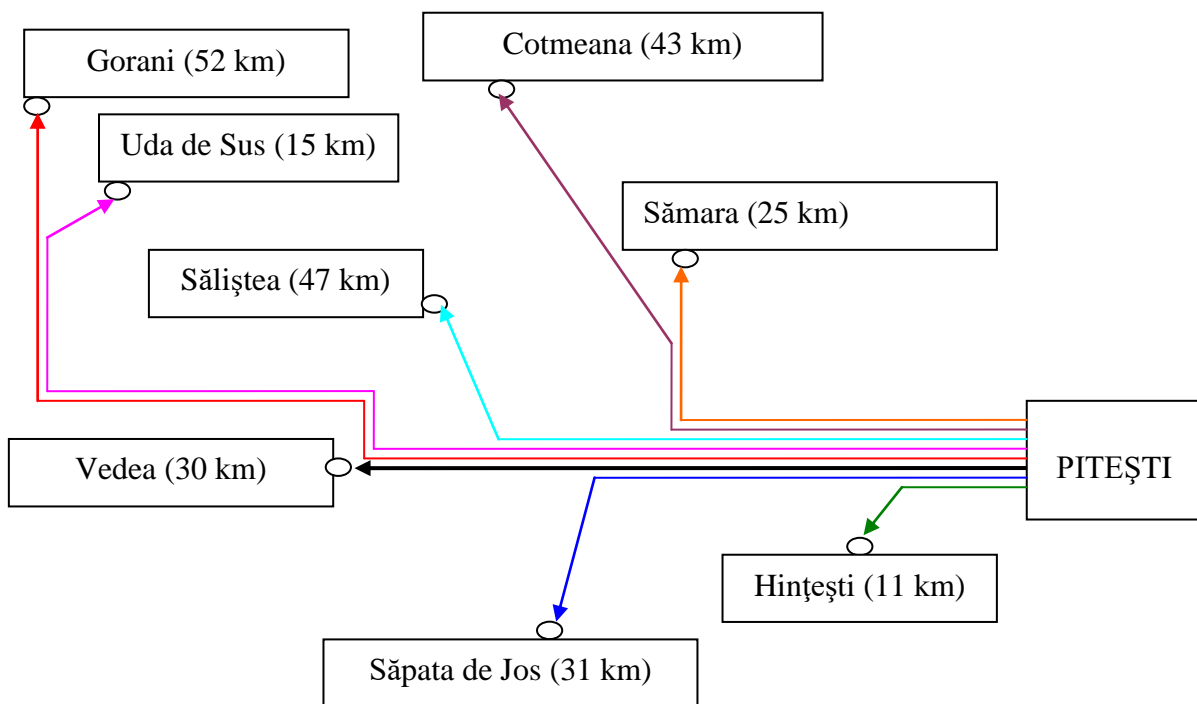


Fig. 1. Traseele din zona Pitești – Vedeia (8 trasee județene).

Etapa inițială pentru modelarea cererii de transport este formalizarea rețelei de transport. Utilizând ca „background” harta județului Argeș realizată cu programul AutoCAD, urmărind localitățile deservite de actualele 8 trasee din zonă a fost delimitată zona Pitești – Vedeia (fig. 2) și au fost trasate pe hartă toate cele 8 trasee, utilizând facilitățile programului Visum (fig. 3).

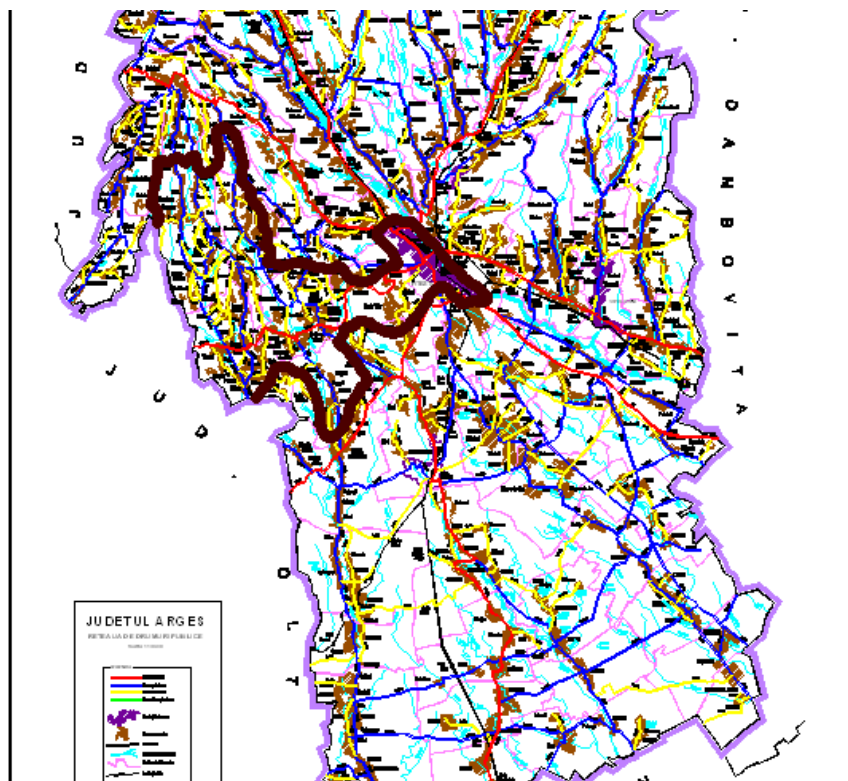


Fig. 2. Delimitarea zonei Pitești-Vedeia pe harta județului Argeș.

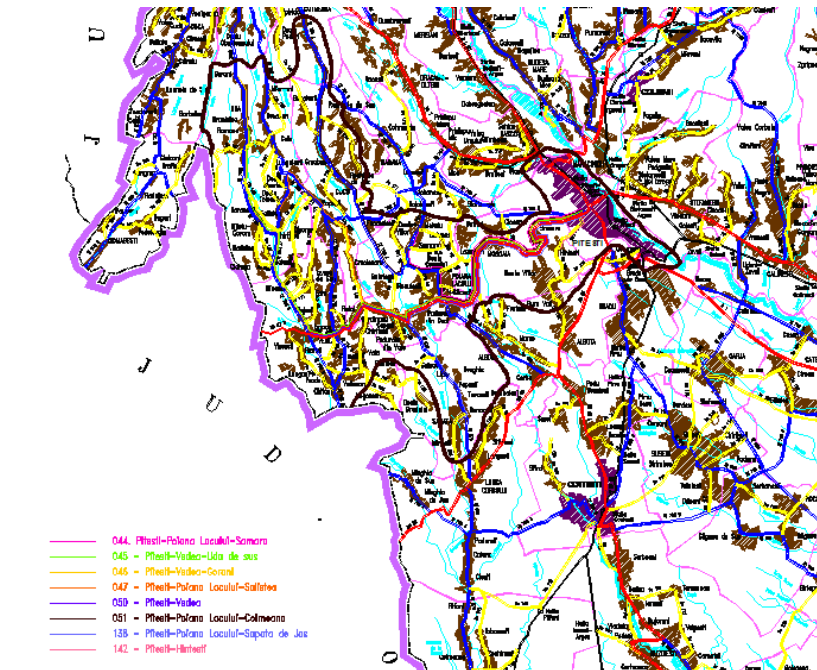


Fig. 3. Harta cu cele 8 trasee din zona Pitești - Vedea.

Această imagine este folosită în Visum ca background, urmând ca peste aceasta să se proiecteze rețeaua de transport, care va servi la calculul cererii de transport pe zona de interes.

În continuare, utilizând programul Visum, au fost stabilite nodurile rețelei rutiere de transport, aceste noduri fiind de 2 tipuri:

1. Noduri poziționate în punctele de intrare sau ieșire din localități (pentru că acolo se schimbă viteza limită legală), precum și în intersecții - reprezentate grafic cu negru;
2. Noduri poziționate în stațiile de autobuz - reprezentate cu portocaliu.

O imagine de ansamblu asupra poziționării nodurilor în rețea se poate observa în fig 4, unde și localitățile sunt marcate distinct.

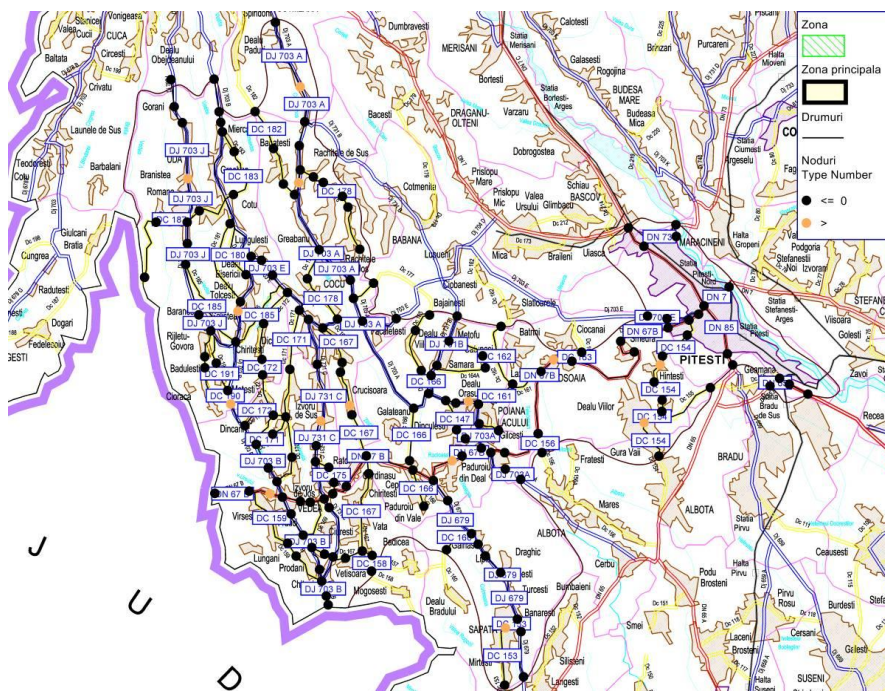


Fig. 4. Imaginea nodurilor și localităților formalizate pe harta zonei.



În continuare au fost construite legăturile dintre noduri (link-uri), introducând o serie de date cu privire la aceste legături (categoria drumului, numărul de benzi, capacitate, viteza maximă...), urmând cerințele programului Visum.

Au fost setați parametrii grafici ai legăturilor (culorile) cât mai apropiat de reprezentările convenționale pentru categoriile de drum, astfel: A (autostrazi) - culoarea neagră; DN (drumuri naționale) - culoarea roșie; DJ (drumuri județene) - culoarea albastră; DC (drumuri comunale) – culoarea galbenă.

Urmărind instrucțiunile programului Visum, au fost construite zonele (suprafețele rezidențiale ale localităților, identificate cu satele din cadrul comunelor sau cu cartierele municipiului Pitești), urmărind conturul localităților cu ajutorul backgroundului constituit de harta realizată în AutoCAD. În continuare, cu ajutorul programului au fost construite zonele principale, acestea fiind delimitate de granița comunelor sau fiind doar partea din comună care include satele deservite de rețeaua de transport din zonă. O imagine de ansamblu, cu zonele, zonele principale și rețeaua rutieră din regiunea delimitată este prezentată în fig. 5.

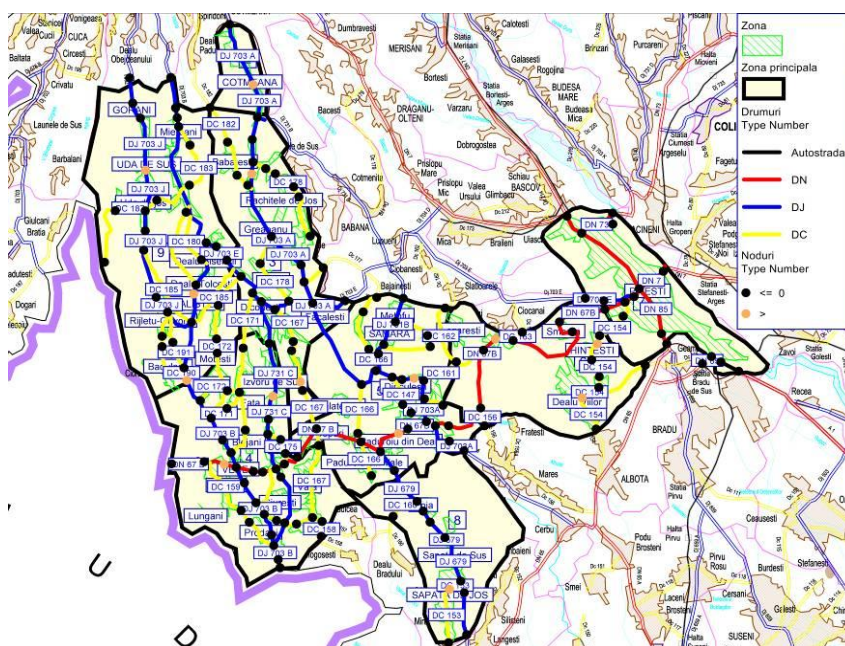


Fig. 5. Imagine de ansamblu cu zonele, zonele principale și rețeaua rutieră.

În final au fost stabiliți centrozii localităților, după care au definiți conectorii dintre centrozii localităților și nodurile rețelei de transport corespunzătoare stațiilor de autobuz, utilizând comenzile programului Visum.

### 3. Generarea călătoriilor pe baza modelului gravitațional din softul Visum

Introducând o serie de date cu privire la localitățile deservite de sistemul de transport, estimate sau preluate de la consiliile locale sau de pe site-urile cu date statistice în județul Arges (structură populație, număr de navetiști, date socio-economice precum venitul pe membru de familie sau indicele de motorizare) a fost generată *matricea călătoriilor* pentru transportul public.

Deoarece harta a fost realizată la scară, au fost îndeplinite condițiile pentru a genera cu programul Visum *matricea distanță*, care ofera distanțele  $d_{ij}$  dintre oricare două localități (fig. 6). Evident, valorile pe diagonală principală sunt nule (daca ar fi existat localități întinse ca suprafață s-ar fi putut utiliza valori diferite de zero, dar nu a fost cazul). Pentru aceasta a trebuit să fie generată inițial matricea unitate, apoi matricea cu diagonală zero și de aici matricea cu distanțele dintre localități (și aceasta are diagonală zero).

De aici s-a obținut *matricea impedanță*, în care elementele au valorile  $1/d_{ij}^2$ , mai puțin cele de pe diagonală, care sunt nule (fig. 7).

În conformitate cu algoritmul de calcul utilizat în cazul estimării cererii de transport prin modelul gravitațional, utilizând comenzile programului Visum s-a înmulțit matricea călătoriilor cu matricea impedanță și s-a obținut *matricea cererii de transport sau matricea Origine - Destinație* (numărul de călătorii zilnice între fiecare pereche de două localități din zona analizată) - fig. 8.

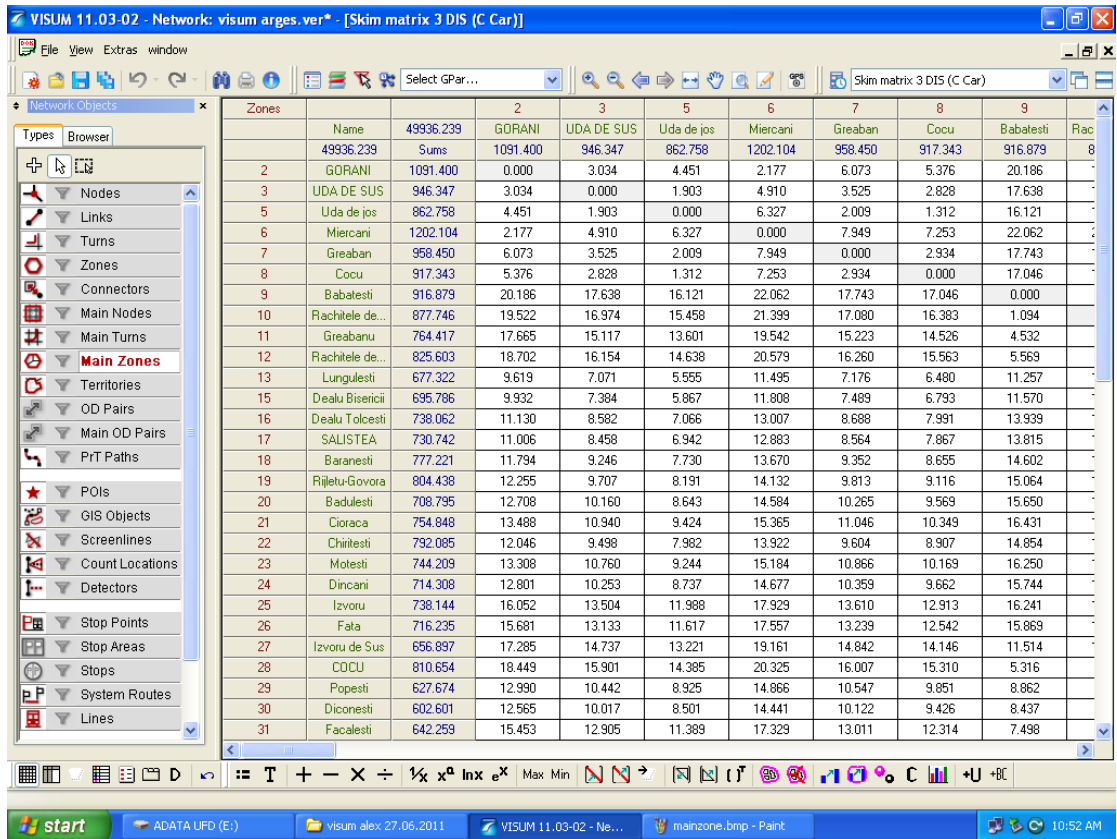


Fig. 6. Matricea distanță.

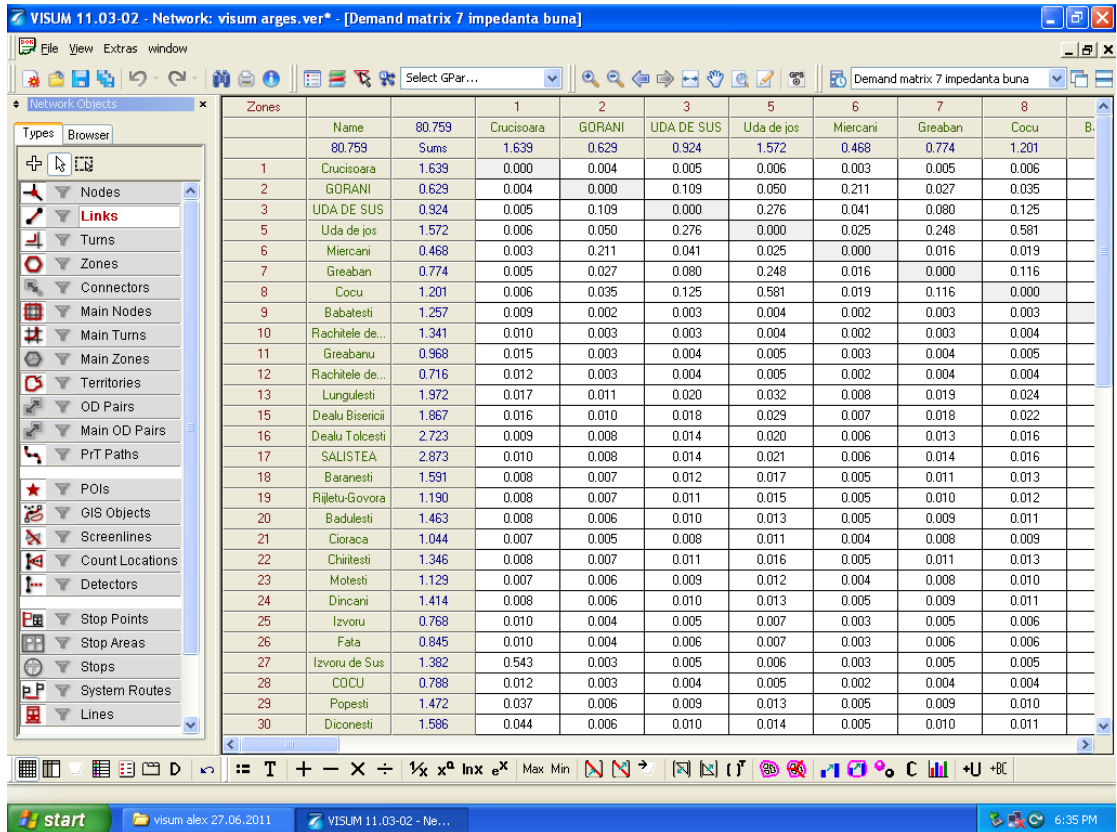


Fig. 7. Matricea impedanță.

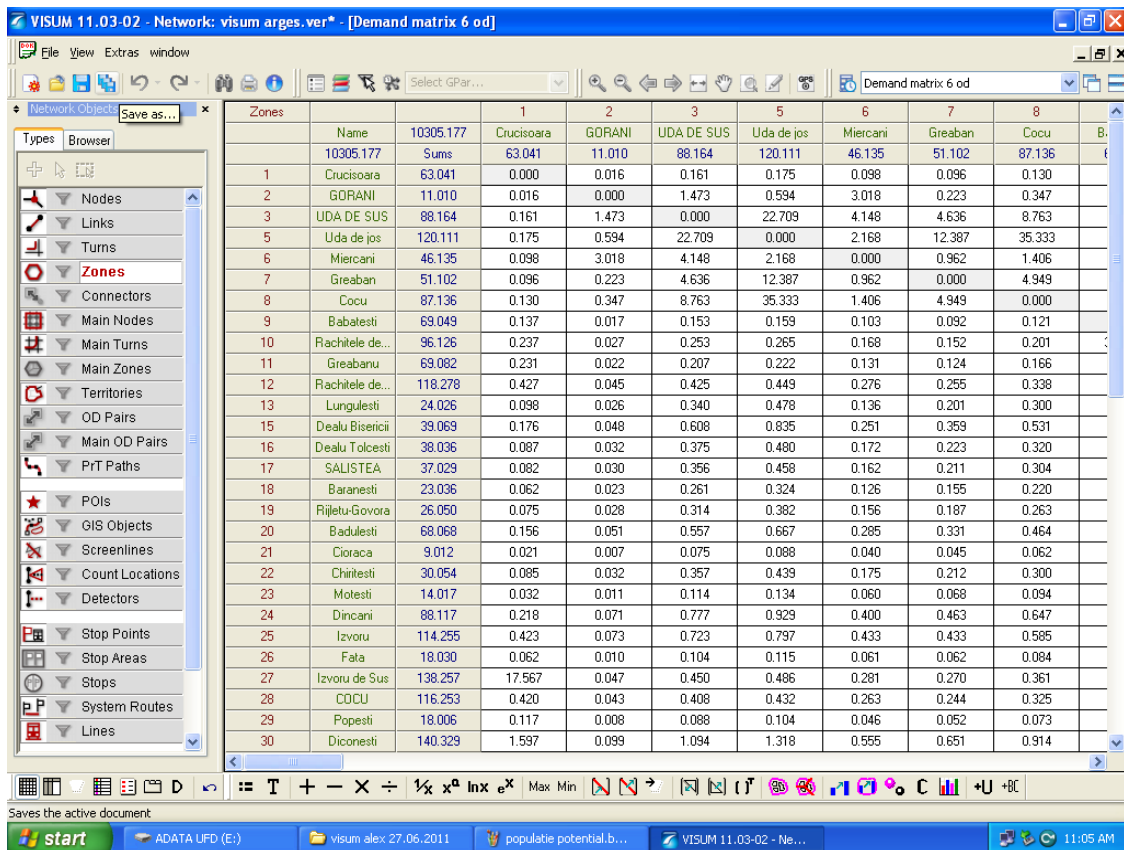


Fig. 8. Matricea cererii de transport sau matricea Origine - Destinație.

Cumulând fluxurile zilnice de călători pe arcele rețelei de transport s-a obținut în final *graficul cererii de transport în rețea*, aceasta fiind proporțională cu grosimea liniilor de culoare roșie trasate (*diagrama paianjen*) – fig. 9.

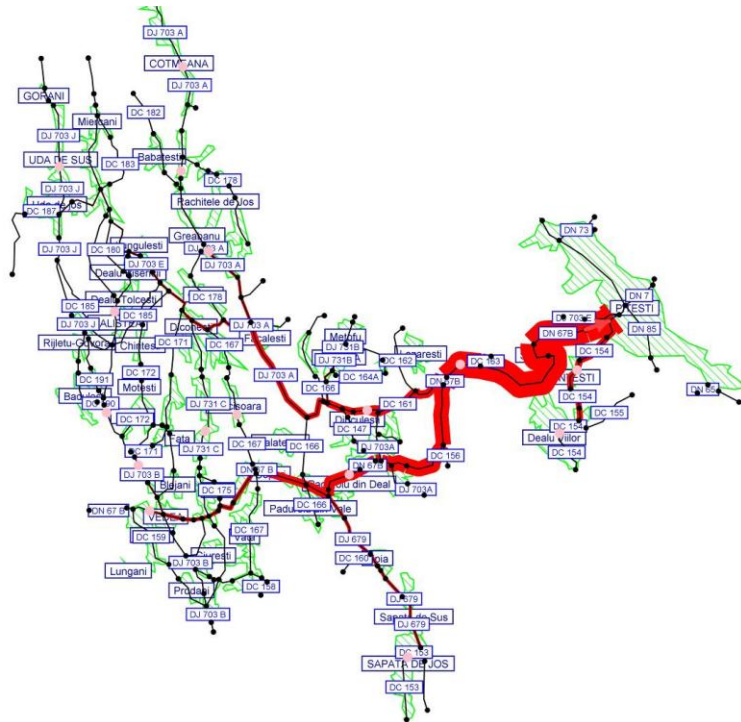


Fig. 9. Graficul cererii de transport în rețea (diagrama păianjen).

Se constată că s-a obținut pentru diagrama păianjen o alură conformă cu estimările avansate în baza analizelor socio-economice realizate și pe baza anchetelor de trafic desfășurate (ancheta Origine-Destinație și ancheta de numărare a călătorilor la capătul de linie Trivale): traseele din zona analizată sunt unipolare, municipiul Pitești fiind polul principal de atracție pentru călătorii din zona analizată.

În ceea ce privește volumul de călători pe sens pe interstația Trivale – Smeura (cea mai încărcată, municipiul Pitești fiind singurul pol de transport din zona analizată), a rezultat un volum zilnic de călători pe ambele sensuri de deplasare de cca 2200 călători, adică de cca 1100 călători pe sens.

Cum la evaluarea cererii de transport „ex-post” (determinată în situația în care se determină cererea de transport satisfăcută deja printr-un sistem de transport care funcționează în momentul evaluării) – [3], prin numărarea călătorilor de-a lungul întregii zile în capătul de linie Pitești a fost determinat un volum zilnic de călători de cca 1000 pe sens (deși se poate considera că valorile calculate prin evaluarea analitică pe baza programului Visum sunt rezonabile), a fost calibrat modelul înmulțind matricea călătorilor Origine-Destinație cu valoarea  $1000/1100 = 0,91$  și s-a obținut cererea de transport în întreaga rețea.

#### **4. Concluzii**

Proiectarea noului program de transport pe traseul principal Pitești - Poiana Lacului – Vedea se va realiza pe baza datelor cu care s-a calibrat modelul, deoarece acesta va fi singurul traseu ce va face legătura zonei cu municipiul Pitești (exceptând traseul Pitești – Hintești, care are o capacitate foarte mică).

În schimb, pentru toate celelalte trasee vor trebui utilizate datele care se obțin teoretic, prin continuarea aplicării modelului în 4 pași - evaluare ex-ante (operând cu soft-ul Visum).

Toate aceste rezultate obținute permit să se facă propuneri pentru organizarea rețelei de transport și pentru dimensionarea capacității de transport pe fiecare traseu.

#### **Bibliografie**

1. Raicu, Ș. *Sisteme de transport*, Ed. AGIR, București, 2007.
2. Boroiu, A. *Transporturi de persoane*, Ed. Universității din Pitești, 2009.
3. Boroiu, A.A. *Studii și cercetări pentru îmbunătățirea transportului public de persoane în zona Pitești – Vedea. Formularea de propuneri pentru viitorul program de transport de persoane prin servicii regulate Argeș 2013*, Lucrare de licență, Facultatea de Transporturi, Universitatea “Politehnica” din București, 2011.