

**ACADEMIA DE STUDII ECONOMICE BUCUREŞTI**  
**FACULTATEA DE CIBERNETICĂ, STATISTICĂ ŞI**  
**INFORMATICĂ ECONOMICĂ**



*Sesiunea Științifică Studențească 2023*

**Modele probabilistice în asigurări**

Student

Bolboasă Maria-Bianca

Profesor coordonator

Conferențiar univ. dr. Dedu Silvia

## Cuprins

<b>I. Introducere.....</b>	4
<b>II. Modelarea matematică a relației economice.....</b>	4
Concepte economice .....	4
Modele matematice .....	5
Distribuții de probabilitate .....	6
<b>III. Studiu de caz: Analiza daunalității polițelor RCA .....</b>	10
Statistici descriptive .....	12
Testarea distribuțiilor clasice de probabilitate .....	13
Utilizarea modelului ales în procesul decizional .....	14
Conceptul de VaR și utilizarea sa în asigurări .....	15
<b>IV. Concluzii și recomandări.....</b>	16
<b>Lista figurilor .....</b>	16
<b>Lista tabelelor .....</b>	16
<b>Bibliography .....</b>	17

**Rezumat:** Rațiunea existenței polițelor de asigurare este de a scăde impactul generat de un risc asupra persoanei, însă întrebarea se pune cum poate o firmă să gestioneze toate riscurile. Pentru a modela impactul riscurilor pe care asiguratorii le gestionează am construit o analiză bazată pe costul cererilor de despăgubire. În urma testării mai multor repartiții pe un eșantion am concluzionat că cea care oferă cele mai adecvate răspunsuri este repartitia Pareto Generalizată, cu care am determinat nivelul provizionelor pe care firma să și le formeze pentru a gestiona riscurilor pe care le acceptă de la clienți.

**Cuvinte cheie:** Distribuția Pareto Generalizată, GEV, QQ Plots, quartile, cereri de despăgubire

**Abstract.** The reason for the existence of insurance policies is to reduce the impact generated by the possible risk on people, unfortunately the real question is how the company can manage all the risks. To model the impact of risks that insurers manage, we have constructed an analysis based on the cost of claims. In testing several distributions on a sample, we concluded that the one that provides the most appropriate answers is the Generalized Pareto distribution, with which we have determined the level of supply that the company should form for managing the risks it accepts upon request.

**Keywords:** Pareto Generalized Distribution, GEV, QQ Plots, quantile, claims

## I. Introducere

Piața asigurărilor din România constituie o piață concentrată de tip oligopol, ce măsura în 2021 peste 2% din PIB-ul României.

Cu toate că importanța sectorului asigurărilor în economia românească se demonstrează a fi una ridicată, piața nu se poate caracteriza drept una stabilă. În ultimii trei ani, au avut loc două evenimente majore, ce au produs dezechilibre în piață- insolvența City Insurance (noiembrie 2021) și retragerea licenței de funcționare pentru Euroins (martie 2023), două firme ce au reprezentat lideri de piață.

În acest context, analiza și modelarea daunalității asigurărilor devin subiecte de interes, mai ales în condițiile în care consumatorii au un interval de 30 de zile de la ieșirea firmei de pe piață și până la acoperirea despăgubirilor de către Fondul de Garantare al Asiguraților în care posibilele accidente nu vor fi acoperite de nicio organizație sau instituție.

## II. Modelarea matematică a relației economice

### Concepțe economice

Contractul de asigurare (numit și polită) se încheie între două părți: asigurat (ce își asumă plata unei sume fixe numite primă în momentul încheierii contractului sau în rate) și asigurator (se obligă la despăgubirea oricărui eveniment aleator- numit și risc- care îl afectează pe asigurat în perioada vizată și în termenii prevăzuți de contract. Contractul de realizează cu o anumită periodicitate (de exemplu, 6 luni, 12 luni etc.).

Un risc este asigurabil în următoarele condiții:

- Asiguratul să fie interesat în a se asigura;
- Riscurile să poată fie cuantificat finanțar în termeni rezonabili (de exemplu, riscul de război produce daune financiare uriașe, iar acesta nu este asigurabil);
- Riscurile individuale să fie independente;
- Probabilitatea de producere a unui risc să fie mică (asigurarea unei persoane ce conduce cu 200km/h într-o localitate va produce pierderi majore asiguratorului);
- Riscurile similare să se poată grupa (pentru a reduce dispersia);
- Existența unor limite superioare pentru responsabilitatea asiguratorului.

Dintre principalele categorii de polițe, în analiză vom păstra polițele RCA, ce sunt obligatorii.

Principalele probleme ridicate de un contract de asigurare pentru cele două părți sunt:

- Cum să se calculeze prima de asigurare?
- Ce rezerve să își construiască asiguratorul pentru a nu falimenta?
- Ce tipuri de deduceri se pot aplica?
- Cum se poate reasigura asiguratorul?

## Modele matematice

Considerăm un risc asigurat pe termen scurt (12 luni), ce poate afecta o singură poliță sau un grup de polițe.

Fie  $S$  variabila aleatoare ce modelează valoarea totală daunelor provocate de acest risc, notăm:

- $M(S)$  media variabilei;
- $D(S)$  dispersia variabilei;
- $F_S$  funcția de repartitie a variabilei.

Problema ce apare în studiul variabilei aleatoare  $S$  este caracterizarea repartitionei sale. Există două cazuri:

### 1. Modelul individual (cu număr de daune cunoscut)

Fie  $k$  polițe de asigurare distincte.

Notând  $X_i$  ca fiind valoarea daunelor pentru poliță  $i$ , atunci

$$S = \sum_{i=1}^k X_i \quad (1)$$

În ipoteza că  $X_1, \dots, X_k$  sunt variabile aleatoare pozitive și independente, se obține

$$F_S = \prod_{i=1}^k F_{X_i} \quad (2)$$

În cazul în care cele  $k$  polițe formează un grup (omogen), atunci  $X_1, \dots, X_k$  sunt variabile aleatoare independente și identic repartizate, iar utilizând variabila generică  $X$  repartitionea variabilei  $S$  se definește drept

$$F_S = F_X^{*k} \quad (3)$$

### 2. Modelul colectiv (numărul daunelor este modelat de o variabilă aleatoare)

Considerând o poliță sau un grup de polițe (privit ca o entitate), notez  $N$  numărul riscurilor ce afectează poliță/grupul de polițe în intervalul de timp considerat. Cu alte cuvinte,  $N$  constituie numărul (frecvența) cererilor de despăgubire.

Notând  $X_i$  valoarea despăgubită pentru cererea  $i$  și  $X_0=0$ , atunci

$$S = \sum_{i=0}^N X_i \quad (4)$$

adică  $S$  este suma unui număr aleator de variabile aleatoare. Definim  $S$  ca având o repartiție compusă.

Ipotezele clasice prevăd:

- a) Frecvența de apariție a unei cereri este independentă de costul ei (valoarea despăgubită). Matematic,  $N$  independent de  $(X_i)_{i \geq 0}$ .
- b)  $X_1, X_2, \dots$  reprezintă variabile pozitive, independente și identic repartizate, caracterizate de variabila generică  $X$ .

Ipotezele a) și b) sunt echivalente cu:

- 1) Numărul cererilor de despăgubire nu este influențat de costul lor.
- 2) Vlarea unei despăgubiri nu este influențată de valoarea altei cereri de despăgubire.
- 3) Repartiția costurilor cu despăgubirea nu se schimbă pe o perioadă scurtă de timp.

## Distribuții de probabilitate

Fiind definit anterior modelul conceptual al variabilelor implicate în procesul de asigurare, putem prezenta distribuții de probabilitate ce se pretează variabilelor studiate.

### Distribuția Pareto Generalizată (GPD)

Denisitatea de probabilitate a distribuției pareto generalizată:

$$f(x | k; \sigma; \theta) = \frac{1}{\sigma} \cdot \left(1 + k \cdot \frac{x-\theta}{\sigma}\right)^{-1-\frac{1}{k}} \quad (5)$$

unde  $x \geq \theta$  când  $k \geq 0$  sau  $\theta \leq x \leq \theta - (\sigma/k)$  când  $k < 0$ ,  $\sigma > 0$ .

Funcția de repartiție:

$$\begin{aligned} F(x) &= P(X < x) = \int_{-\infty}^x f(t | k; \sigma; \theta) dt = \int_{\theta}^x \frac{1}{\sigma} \cdot \left(1 + k \cdot \frac{x-\theta}{\sigma}\right)^{-1-\frac{1}{k}} dt \leftrightarrow \\ &\leftrightarrow F(x) = \sigma^{\frac{1}{k}} \cdot \int_{\theta}^x (\sigma + k(t - \theta)) dt \end{aligned}$$

Fac schimbarea de variabilă,

$$y = \sigma + k(t - \theta) \leftrightarrow t = \frac{y - \sigma}{k} - \theta$$

$$dt = \frac{1}{k} \cdot dy$$

$$t \in (\theta, x) \rightarrow y\epsilon(\sigma, k \cdot (x - \theta) + \sigma)$$

Obținem

$$\begin{aligned} F(x) &= \sigma^{\frac{1}{k}} \cdot \int_{\sigma}^{k \cdot (x-\theta) + \sigma} y^{-1-\frac{1}{k}} \cdot \frac{dy}{k} \rightarrow \\ F(x) &= 1 - (1 + k \cdot \frac{x-\theta}{\sigma})^{-\frac{1}{k}} \end{aligned} \quad (6)$$

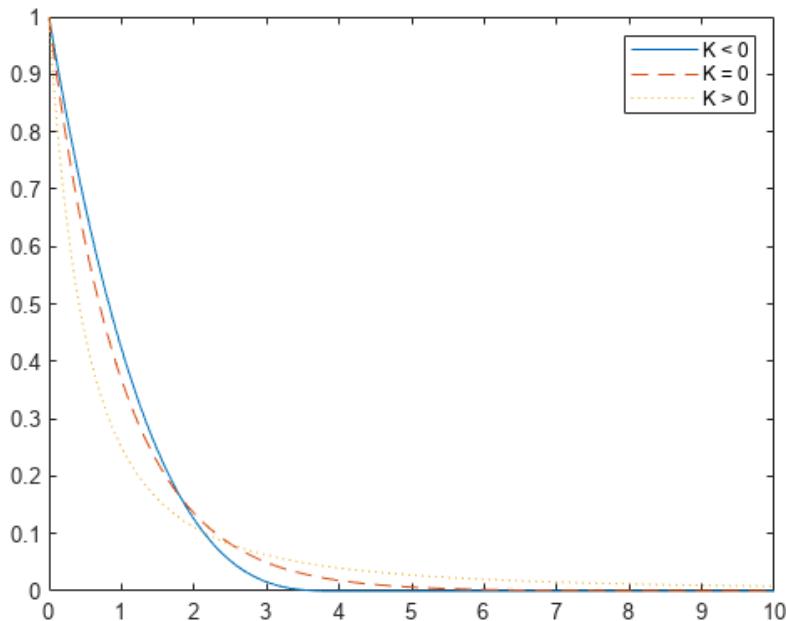
unde  $x \geq \theta$  când  $k \geq 0$  sau  $\theta \leq x \leq \theta - (\sigma/k)$  când  $k < 0$ ,  $\sigma > 0$ .

Media:

$$M(X) = \begin{cases} \theta + \frac{\sigma}{1-k}, & \text{când } k < 1 \\ \text{nu există,} & \text{altfel} \end{cases}$$

Dispersia:

$$D(X) = \begin{cases} \frac{\sigma^2}{(1-k)^2 \cdot (1-2k)}, & \text{când } k < \frac{1}{2} \\ \text{nu există,} & \text{altfel} \end{cases}$$



Figură 1- Distribuția Pareto Generalizată pentru diferite valori ale parametrului de formă  
Sursă: Matlab- Documentație

## Distribuției Valorilor Extreme Generalizată (GEV)

Densitatea de probabilitate:

$$f(x | k, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma} \cdot e^{-(1+k \cdot \frac{x-\mu}{\sigma})^{\frac{1}{k}}} \cdot (1 + k \cdot \frac{x-\mu}{\sigma})^{-1-\frac{1}{k}} \quad (7)$$

cu  $1 + k \cdot \frac{x-\mu}{\sigma} > 0$

Atunci când  $k>0$  variabila urmează o repartiție Frechet (GEV type II), atunci când  $k<0$  variabila urmează o repartiție Weibull (GEV type III), iar când  $k=0$  repartiția variabilei este Gumbel (GEV type I).

- Repartiția Frechet:

$$F(x) = e^{-(\frac{x-\mu}{\sigma})^k} \quad (8)$$

cu  $x>\mu, \sigma>0, k>0$ .

- Funcția de repartiție Gumbel (maximum)

$$F(x) = \frac{1}{\sigma} \cdot e^{-\frac{x-\mu}{\sigma}} \cdot e^{-e^{-\frac{x-\mu}{\sigma}}} \quad (9)$$

cu  $x>\mu, \sigma>0, k=0$ .

- Funcția de repartiție Weibull

$$F(x) = 1 - e^{-(\frac{x-\mu}{\sigma})^k} \quad (10)$$

cu  $x>\mu, \sigma>0, k<0$ .

## Metode de estimare a parametrilor

Fie selecția  $X_1, X_2, \dots, X_N$  cu valorile de selecție  $x_1, x_2, \dots, x_N$  și  $\theta$  parametrul necunoscut al variabilei generice  $X$ .

### 1. Metoda momentelor

Metoda presupune egalarea primelor  $r$  momente empirice cu valorile teoretice. Cu alte cuvinte, se rezolvă sistemul:

$$\begin{cases} m_1 = m_1^* \\ m_2 = m_2^* \\ \dots \\ m_r = m_r^* \end{cases} \quad (11)$$

În urma rezolvării sistemului (11) se obține estimatorul parametrului, notat  $\hat{\theta}$ .

## 2. Metoda verosimilității maxime (maximum likelihood estimation- MLE)

Metoda presupune maximizarea funcției de verosimilitate asociată aplicată eșantionului studiat.

Etapele algoritmului presupun:

- Construcția funcției de verosimilitate

$$L(X_1, X_2, \dots, X_N | \theta) = \prod_{i=1}^N f(X_i | \theta) \quad (12)$$

- Calcularea logaritmului funcției de verosimilitate

$$\ln[L(X_1, X_2, \dots, X_N | \theta)] = \ln[\prod_{i=1}^N f(X_i | \theta)] = \sum_{i=1}^N \ln f(X_i | \theta) \quad (13)$$

- Determinarea punctelor de extrem

$$\begin{cases} \frac{d \ln L(\cdot)}{d \theta_1} = 0 \\ \dots \\ \frac{d \ln L(\cdot)}{d \theta_r} = 0 \end{cases} \quad (14)$$

Din sistemul (14) obțin  $\hat{\theta} = (\hat{\theta}_1, \dots, \hat{\theta}_r)$ .

- Testarea tipului de punct de extrem

Verificăm dacă

$$\begin{cases} \frac{d^2 \ln L(\theta_1)}{d \theta_1^2} < 0 \\ \dots \\ \frac{d^2 \ln L(\theta_1)}{d \theta_r^2} < 0 \end{cases} \quad (15)$$

## Metoda grafică QQ Plot

Metoda QQ Plot constituie o formă grafică de ajustare a datelor reale pe distribuțiile de probabilitate teoretice.

În timp ce testele statistice pot deveni prea puternice pentru volume mari de date și să respingă ajustarea datelor pe o anumită distribuție, metodele grafice constituie o variantă îmbunătățită, ușor de interpretat.

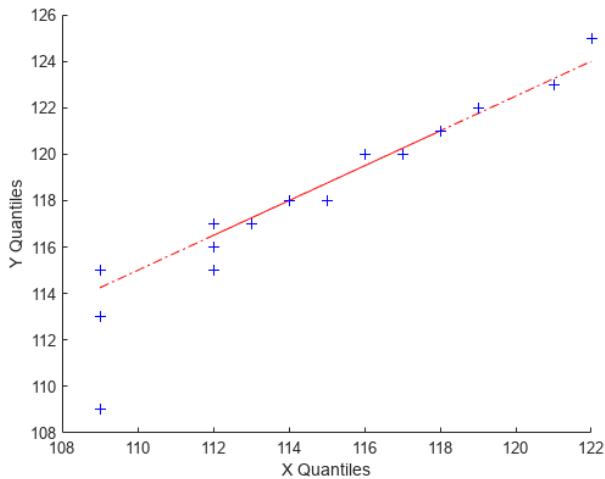
Ipozele de la care se pleacă sunt:

$H_0$ : Datele urmează repartiția teoretică.

$H_1$ : Datele nu urmează repartiția teoretică.

Presupunând funcția de repartitione inversabilă, se trasează punctele

$$\left( x_i, q_{\frac{i}{n+1}} = F^{-1}\left(\frac{i}{n+1}\right) \right)_{i=\overline{1,n}}$$



Figură 2- *QQ Plot*

Sursă: Matlab- Documentație

Dacă cuartilele calculate pe datele reale respectă modelul cuartilelor teoretice, atunci acceptăm  $H_0$ . În caz contrar, acceptăm  $H_1$ .

Cu alte cuvinte, evaluarea bonității modelului se face în figura 2 urmărind cât de departe se află punctele albastre (cuartilele calculate empiric) de linia roșie (cuartilele calculate teoretic).

### III. Studiu de caz: Analiza daunării polițelor RCA

Conform *Autorității de Supraveghere Financiară din România*:

- Asigurarea de Răspundere Civilă Auto (RCA) este un contract încheiat între proprietarul unui vehicul, persoană fizică sau juridică și o companie de asigurari autorizată.
- În baza acestui contract, compania care a emis polița de asigurare RCA plătește despăgubiri terțelor persoane păgubite în urma unui accident provocat de vehiculul pentru care s-a încheiat polița, pentru daunele materiale și/sau decesul ori vătămările corporale, inclusiv daunele morale, suferite în acel accident.
- În cazul producării unui accident rutier, pagubele produse altor persoane pot fi însemnate, iar acoperirea acestora poate fi imposibilă mai ales în situația nefericită în care din accident rezultă victime. Orice accident survine pe neașteptate astfel încât ne poate surprinde nepregătiți în a-i face față din punct de vedere financiar, o presiune în plus la stresul de ordin emoțional sau de altă natură asociate acestui eveniment.

Asigurarea RCA are două scopuri:

- protecția finanțieră a celui vinovat de producerea accidentului. În lipsa ei păgubitul din accident poate solicita vinovatului, în justiție, daune materiale, pentru vătămări corporale, inclusiv daune morale de valori semnificative, dificil de acoperit de către persoana vinovată,
- protecția finanțieră a persoanei păgubită, în urma unui accident, pentru a beneficia de o reparare a prejudiciului material și/sau moral suferit, independent de situația materială a celui care a produs dauna (paguba), precum și de a elibera persoana vinovată de riscul de a plăti prejudiciile produse.

Asigurarea RCA se încheie:

- la înscrierea în circulație,
- în momentul expirării vechii asigurări RCA.

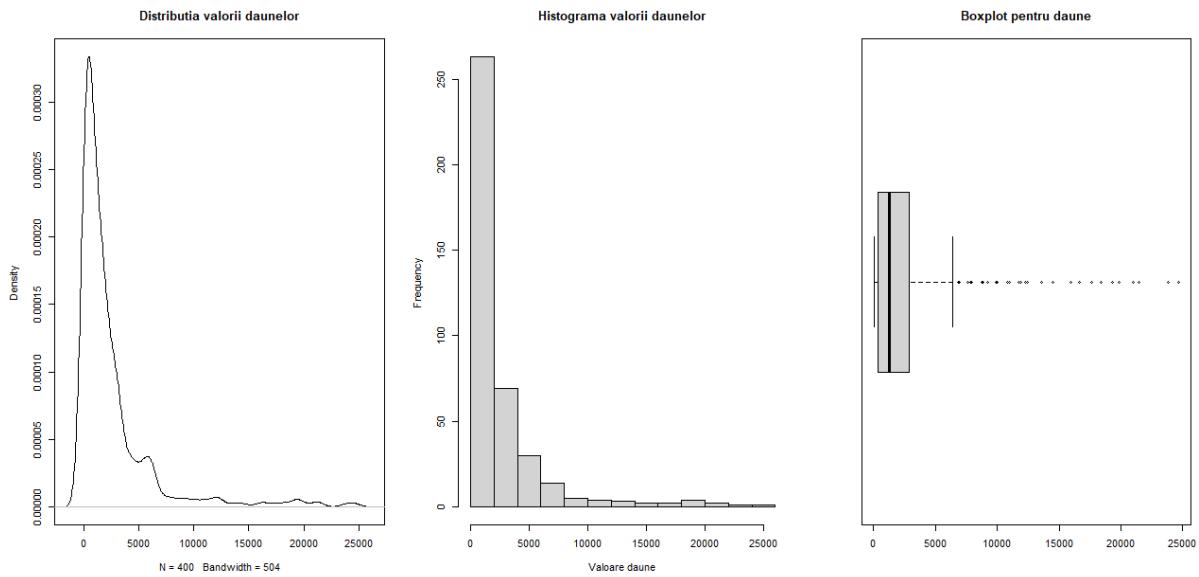
Legislația română prevede că proprietarul unui vehicul trebuie să dețină o asigurare RCA valabilă pe toată perioada în care vehiculul este înmatriculat/înregistrat, chiar dacă acesta nu este utilizat.

Încheierea contractului RCA se poate face pentru o perioadă de 6 sau 12 luni, în funcție de opțiunea clientului.

Pentru o firmă, estimarea greșită a riscului asociat unei polițe încheiate poate însemna chiar falimentul, din acest motiv analiza daunelor și a impactului lor este un start în estimarea modelelor pentru primele de asigurare.

Sub aceste considerente, din datele furnizate de o societate de asigurare în anul 2022, am extras un eșantion de 400 de dosare de daună, din care am preluat suma pe care asiguratorul a plătit-o vătămașilor (valoarea daunei).

## Statistici descriptive



*Figură 3- Reprezentarea grafică a daunelor*

Sursă: Prelucrare proprie în R

*Tabel 1- Indicatori privind distribuția datelor*

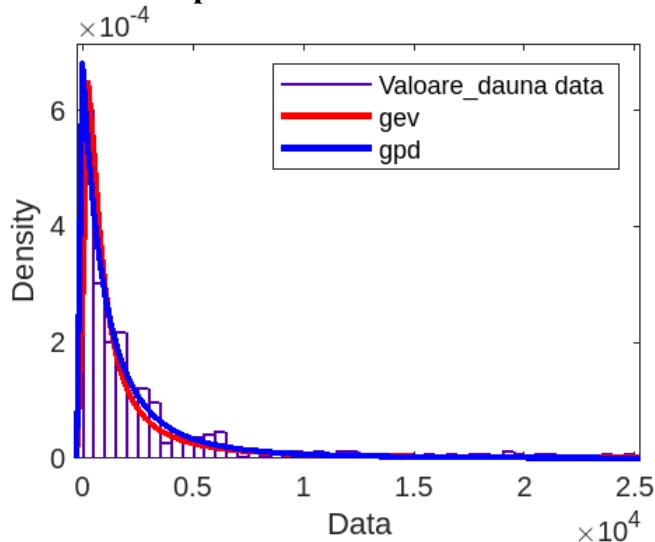
Minim	14
Prima cuartilă	374
Mediana	1262
Media	2487
A treia cuartilă	2861
Maxim	24680
Asimetrie	3.246161
Boltire	15.03044

Sursă: Prelucrare proprie în R

Atât din figura 3, cât și din primul tabel, se observă că seria daunelor prezintă o puternică asimetrie la dreapta și un număr însemnat de outlieri.

Analiza grafică reprezintă un prim pas în alegerea distribuțiilor de probabilitate ce vor fi aplicate datelor.

## Testarea distribuțiilor clasice de probabilitate



Figură 4- Aplicarea densităților clasice asupra histogramei daunelor

Sursă: Prelucrare proprie în Matlab Online

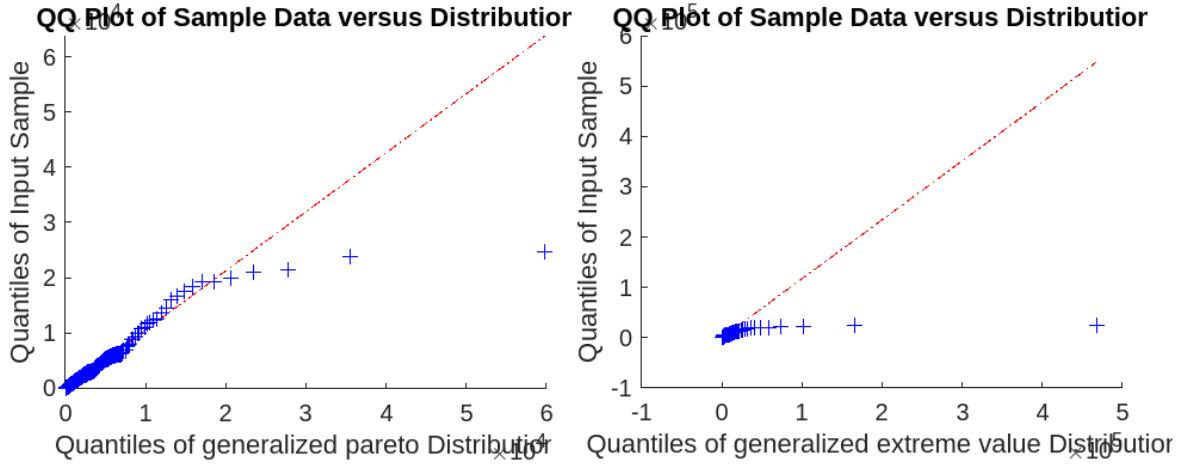
Utilizând aplicația *Distribution filter* din Matlab Online, am atașat histogramei valorii daunelor distribuții precum Gamma, Exponențială, Weibull și altele. Cele două distribuții care s-au apropiat cel mai mult de forma histogramei sunt *Distribuția Pareto Generalizată* (gpd) și *Distribuția Valorilor Extreme Generalizată* (gev).

Folosind *metoda verosimilității maxime* (MVM sau MLE), am determinat estimatorii parametrilor distribuțiilor GPD() și GEV().

Tabel 2- Estimarea parametrilor GPD și GEV

Parametrii Distribuția	k		$\sigma$		$\mu$		$\theta$	
	Estimator	Eroare standard						
GEV	0.943878	0.0832746	803.1	61.8261	652.361	50.5854	-	-
GPD	0.44138	0.0751929	1457.07	127.583	-	-	0	0

Sursă: Prelucrare proprie în Matlab Online



Figură 5- Gricele Q-Q Plots pentru distribuțiile GPD și GEV

Sursă: Prelucrare proprie în Matlab Online

Figura 3 arată că în cazul distribuției GEV cuantilele se depărtează de cele teoretice, în timp ce distribuția GPD o suprapunere mai bună a modelului teoretic pe datele reale.

Așadar, decizia este de a păstra în analiză distribuția Pareto Generalizată.

### Utilizarea modelului ales în procesul decizional

Cu parametrii estimați, densitatea de probabilitate este:

$$f(x | 0.44; 1457.07; 0) = \frac{1}{1457.07} \cdot \left(1 + 0.44 \cdot \frac{x}{1457.07}\right)^{-1 - \frac{1}{0.44}} \quad (16)$$

Funcția de repartiție:

$$F(x | 0.44; 1457.07; 0) = 1 - \left(1 + 0.44 \cdot \frac{x}{1457.07}\right)^{-\frac{1}{0.44}} \quad (17)$$

Repartiția Pareto este cunoscută limbajului larg drept *legea 80-20*, ce susține că 80% din efect este datorită unei proporții de 20% din datele de intrare.

În condițiile daunalității, vom testa cu ce probabilitate se produc daunele ce depășesc percentila 80 a seriei de date.

A optzecea percentilă este corespunzătoare valoarii daunelor de 3186.8 lei.

$$\begin{aligned} P(X > 3186.8) &= 1 - P(X < 3186.8) = 1 - F_X(3186.8) = \left(1 + 0.44 \cdot \frac{3186.8}{1457.07}\right)^{-\frac{1}{0.44}} \\ &\approx 0.216 = 21.6\% \end{aligned}$$

În consecință, societatea de asigurări se așteaptă ca șansa de apariție a sumelor mai mari de 3186.8 lei să fie de circa 22%.

## Conceptul de VaR și utilizarea sa în asigurări

Conceptul Valoare la Risc (Value-at-Risk sau VaR) a fost introdus pentru a răspunde întrebării: cât de mult ne putem aștepta să pierdem într-o anumită perioadă de timp cu o anumită probabilitate dată ( $100*(1-\alpha)$ ).

Formularea matematică a VaR este:

$$\begin{aligned} VaR_\alpha(X) &= \inf\{x \in R | P(X \leq x) \geq \alpha\} = \inf\{x \in R | P(X > x) \leq 1-\alpha\} \leftrightarrow \\ &\leftrightarrow VaR_\alpha(X) = \inf\{x \in R | F_X(x) \geq \alpha\} = \inf\{x \in R | 1 - F_X(x) \leq 1-\alpha\} \end{aligned} \quad (18)$$

Pentru o variabilă ce modelează valoarea daunelor, VaR este o măsură în termeni absoluchi a sumei maxime ce poate fi pierdută pentru o poliță, considerând un anumit prag de semnificație.

Așadar,  $VaR(X)$  poate fi definită drept  $\alpha$ -cuantila superioară a repartiției riscului, semnificând pierderea maximă care se poate produce într-o anumită perioadă de timp cu probabilitatea  $\alpha$ .

Dacă funcția de repartitie a variabilei aleatoare  $X$  este continuă și bijectivă, atunci măsura  $VaR(X)$  este soluția unică a uneia din următoarele ecuații:

$$P(X \leq VaR_\alpha(X)) = \alpha \leftrightarrow P(X > VaR_\alpha(X)) = 1-\alpha \quad (19)$$

Tabel 3- Calculul cuantilelor

	90	95	99
Valoare	5870.70	9893.75	19871.27

Sursă: Prelucrare proprie în R

Pentru suma de 5870.70 de lei calculăm:

$$\begin{aligned} P(X > 5870.70) &= 1 - P(X \leq 5870.70) = 1 - F_X(5870.70) = \left(1 + 0.44 \cdot \frac{5870.70}{1457.07}\right)^{-\frac{1}{0.44}} \\ &= 0.098 = 9.8\% \end{aligned}$$

În consecință, firma va plăti daune mai mari de 5870.7 lei cu o probabilitate de circa 10%.

Peste sumele de 9893.75 lei și 19871.27 lei firma se așteaptă să plătească daune cu probabilități de circa 4%, respectiv 1%, după cum urmează:

$$\begin{aligned} P(X > 9893.75) &= 1 - P(X \leq 9893.75) = 1 - F_X(9893.75) = \left(1 + 0.44 \cdot \frac{9893.75}{1457.07}\right)^{-\frac{1}{0.44}} \\ &= 4.3\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P(X > 19871.27) &= 1 - P(X < 19871.27) = 1 - F_X(19871.27) \\
 &= \left(1 + 0.44 \cdot \frac{19871.270}{1457.07}\right)^{-\frac{1}{0.44}} = 1.2\%
 \end{aligned}$$

În consecință, provizioanele pe care firma este recomandat să și le rezerve trebuie să ajungă la cel puțin 19871.27 de lei, conform probabilităților testate.

## IV. Concluzii și recomandări

Sectorul asigurărilor constituie cel mai bun exemplu de analiză a riscurilor, efectele acestora fiind de la minore la devastatoare (falimente, criză economică și altele).

Analiza și modelarea matematică a variabilelor implicate în procesul de asigurare scade nivelul de incertitudine cu care managerii/clientii acestor organizații se confruntă.

În lucrarea de față am modelat cu ajutorul distribuției Pareto Generalizată valoarea daunelor din 400 de cereri de despăgubire pentru polițe RCA valabile pe o perioadă de 12 luni.

Aplicând  $PG \sim (0.44; 1457.07; 0)$ , am obținut ca data de intrare pentru managementul companiei că un nivel minim ar provizioanelor, bazat pe analiza valorii daunelor, ar trebui să fie de 19871.27 lei.

Cum prima de risc este calculată și pe baza daunalității, o recomandare asupra lucrărikor viitoare o reprezintă folosirea studiului de față în determinarea primelor de risc pe care compania ar trebui să le aplice.

### **Listă figurilor**

Figură 1- Distribuția Pareto Generalizată pentru diferite valori ale parametrului de formă.....	7
Figură 2- QQ Plot.....	10
Figură 3- Reprezentarea grafică a daunelor .....	12
Figură 4- Aplicarea densităților clasice asupra histogramei daunelor .....	13
Figură 5- Gricele Q-Q Plots pentru distribuțiile GPD și GEV .....	14

### **Listă tabelelor**

Tabel 1- Indicatori privind distribuția datelor.....	12
Tabel 2- Estimarea parametrilor GPD și GEV .....	13
Tabel 3- Calculul cuantilelor .....	15

## Bibliography

- [1]Anon., n.d. *Mathworks.* [Online] Available at: <https://www.mathworks.com/help/stats/generalized-pareto-distribution.html> [Accessed 2023].
- [2]CHARLES C. HEWITT, J. & LEFKOWITZ, B., n.d. METHODS FOR FITTING DISTRIBUTIONS.
- [3]Das, J. & Nath, D. C., 2019. WEIBULL DISTRIBUTION AS AN ACTUARIAL RISK MODEL: COMPUTATION OF ITS PROBABILITY OF ULTIMATE RUIN AND THE MOMENTS OF THE TIME TO RUIN, DEFICIT AT RUIN AND SURPLUS PRIOR TO RUIN. *Journal of data science: JDS*, pp. 161-194.
- [4]Financiar[, A. d. S., n.d. *Gidul RCA*, Bucuresti: ASF.
- [5]Ghitany, M. E., Gómez-Déniz, E. & Nadarajah, S., 2018. A New Generalization of the Pareto Distribution and Its Application to Insurance Data. *MDPI*.
- [6]Glen, S., n.d. *Statistics How To.* [Online] Available at: <https://www.statisticshowto.com/frechet-distribution/>
- [7]Hosking, J. R. M. & Wallis, J. R., 1987. Parameter and Quantile Estimation for the Generalized Pareto Distribution. *TECHNOMETRICS*, Volume 29, pp. 339-349.
- [8]NIST, n.d. *National Institute of Standards and Technology.* [Online] Available at: <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda366g.htm> [Accessed 2012].
- [9]Oprea, A., 2023. *News.ro.* [Online] Available at: <https://www.news.ro/economic/fondul-de-garantare-a-asiguratilor-a-primit-3-737-cereri-pentru-dosare-de-dauna-de-la-potentialii-creditori-ai-euroins-de-cand-asiguratorul-a-pierdut-licenta-de-functionare-1922405603002023041421084844> [Accessed 2023].
- [10]Tiwari, A., 2020. *Medium.* [Online] Available at: <https://medium.com/swlh/modeling-insurance-claim-severity-b449ac426c23> [Accessed 2023].
- [11]Tiwari, A., 2020. *Towards Data Science.* [Online] Available at: <https://towardsdatascience.com/insurance-risk-pricing-tweedie-approach-1d71207268fc> [Accessed 2023].