

## MODELIMI I RRJETIT OPTIK DHE ZGJIDHJA E TIJ NËPËRMJET METODAVE HEURISTIKE

AURORA FERRJA (SIMONI), BESIANA ÇOBANI

Universiteti i Tiranës, Fakulteti i Shkencave të Natyrës, Departamenti i Matematikës së Aplikuar

e-mail: [aurora.simoni@fshn.edu.al](mailto:aurora.simoni@fshn.edu.al)

### Përmbajtje

Problema të fushave të ndryshme shkencore të natyrës ekonomike, inxhinierike, teknologjike në përgjithësi modelohen si probleme optimizimi. Është e qartë që zgjidhja e këtyre problemeve, kërkon përdorimin e teknikave optimizuese. Zhvillimi i këtyre teknikave ka marrë një hov të jashtëzakonshëm këto vitet e fundit, duke qenë se natyra e problemeve optimizuese që modelojnë situata reale janë të përmasave të mëdha dhe jolineare. Metodot që japin përgjigje optimale për trajtimin e problemeve të tilla kanë natyrë heuristike. Një ndër to, metoda që po gjen zbatim gjithmonë e më të shpeshtë është algoritmi gjenetik. Në këtë punim modelohet problemi i gjetjes së rrugës më të shkurtër në një rrjet optik të përbërë nga unaza vetë-riparuese. Më konkretisht, modelojmë një rrjet optik me katër kulme dhe tre unaza. Zgjidhja e tij trajtohet me ndihmën e algoritmit gjenetik. Përshkruhet funksionimi i rrjetit optik dhe më pas shqyrtohet aplikimi i algoritmit gjenetik për gjetjen e rrugës efikase në rrjetin optik të modeluar. Programi i përdorur për trajtimin e algoritmit gjenetik është MATLAB.

**Fjalëkyçe:** Rrjet optik, optimizim, algoritmi gjenetik.

### Abstract

Many problems of different nature such as economic, engineering and technic are modeled as optimization problems. It is clear that the solution of these problems needs the use of optimization techniques. The development of these techniques has been of great interest recently due to the nature of the optimization problems that model real life situations are of huge dimensions and nonlinear. The methods used for solving this kind of problems have heuristic nature. One of these methods is the genetic algorithm. In this work we model the problem of finding the shortest road in an optic net compounded by self-repaired rings. More specifically, we model an optic net with four vertices and the rings. Its solution is treated using the genetic algorithm. We describe the functioning, then we examine the application of the genetic algorithm to find the most effective road in the modeled optic net. We use the Matlab program to execute the given problem.

**Keywords:** Optic network, optimisation, genetic algorithm.

### Hyrje

Programimi kompjuterik, ka një histori të gjatë në fushën e inteligjencës artificiale. Rrugë të ndryshme janë përdorur për gjetjen sa më efikase të një metode të përgjithshme për programimin automatik të problemeve komplekse që kërkohen në zbatime. Evolucionistë si Fogel, Owens, dhe Walsh (1966) kanë studiuar metodat e thjeshta programuese. Aplikimet e

para të algoritmeve gjenetike në detyra të thjeshta automatike të programimit janë zhvilluar nga Cramer, Fujiki e Dickinson në vitet 1985 -1987. Interesi në programimin automatik u ringjall me anë të algoritmeve gjenetike të cilët janë studiuar pjesërisht nga John Koza i cili ka zhvilluar programet Lisp nëpërmjet "programimit gjenetik".

Algoritmi gjenetik u zhvillua nga Holland, në vitet 1960-1970. Në kundërshtim me strategjitë e evolucionit dhe programimin e evolucionit, qëllimi fillestar i Hollandës nuk ishte për të hartuar algoritme për zgjidhjen e problemeve të veçanta, por më tepër për të studiuar formalisht fenomenin e përshtatjes siç ndodh në natyrë dhe për të zhvilluar mënyrat në të cilat mekanizmat e përshtatjes natyrore mund të përshtaten në sistemet kompjuterike. Në librin e tij "Përshtatja e sistemeve artificial dhe natyrore" Holland prezantoi algoritmin gjenetik si një abstraksion i evolucionit biologjik dhe paraqet një strukturë teorike për përshtatjen e tij. Holland e prezantoi Algoritmin Gjenetik si një metodë e cila lëviz nga një popullim "kromozomesh" (të koduara si 0 ose 1 "bit") në një popullsi të re duke përdorur një lloj "seleksionimi natyror", së bashku me operatorët gjenetikë të frymëzuar nga tipari i përzgjedhjes, kryqëzimit, dhe mutacionit. Secili kromozom përbëhet nga "gjene" (të koduara si bit), secili gjen merr një vlerë të caktuar (0 ose 1).

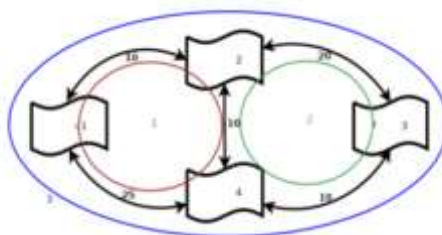
Operatori zgjedh ato kromozome në të cilat popullsia lejon riprodhim dhe kromozomet të cilët japin mesatarisht më shumë pasardhës. Holland ishte i pari që u përpoq për ti dhënë evolucionit kompjuterik një bazë të fortë teorike. Sot, studiuesit shpesh përdorin termin "algoritëm gjenetik" për të përshkruar diçka shumë ndryshe nga koncepti fillestar i John Holland. Sot, ka shumë raste në shkencë, ekonomi që mund të trajtohen me anë të algoritmit gjenetik. Prandaj, janë prezantuar disa forma të ndryshme të algoritmit gjenetik. Kohët e fundit rrjeti i internetit sa vjen dhe po bëhet më i kërkuar dhe më i përdorshëm, prandaj dhe studimi i tij është i domosdoshëm. Rrjeti optik bën të mundur transferimin e paketave të informacionit në një kohë shumë të shpejtë të afërt me shpejtësinë e dritës.

Synimi i këtij punimi është gjetja e një ruge optimale në një rrjet optik dhe minimizimi i unazave mbrojtëse të nevojshme në rrjet. Ky problem optimizimi është jolinear. Kërkojmë të gjejmë rrugën më të shkurtër në rrjet me anë të algoritmit gjenetik.

### **Rasti i studimit**

Rrjetet optike janë shumë të përdorshme sidomos kur ka gabime për shkak të vëllimit të madh të trafikut të transmetuar në një rrugë të vetme. Kështu që lind nevoja e mbrojtjes së rrjeteve optike duke u lejuar atyre që të vazhdojnë të veprojnë edhe në raste gabimesh (rrjete mbijetues). Mbrojtja arrihet duke përdorur unazat mbrojtëse të cilat riparojnë linjat e shkëputura në rrjet. Një nga teknikat e përdorur më së shumti për këtë qëllim bazohet në unazat vetë riparuese. Shqyrtohet një aspekt i optimizimit të këtyre unazave me vëmendje të veçantë në zgjedhjen e rrugës midis dy nyjeve fikse (burim dhe

destinacion) dhe zhvillimin e një unaze mbrojtëse nga një rrugë e tillë, në një rrjet me topologji fiks (Zamora (1976); Coreym & Perersson (1972); Welch (1966) ). Në rastin konkret rrjeti optik përbëhet nga katër nyje të lidhura dhe nga pesë lidhjet dy drejtimore. Pranë çdo lidhjeje janë shënuar peshat korresponduese të cilat janë të njëjta në të dy drejtimet e lidhjes. Në rrjet janë mbivendosur tre unaza që përmban rrjeti (Giorgetti, Valcarenghi, Cugini, 2010). Konsiderohet një rrjet optik me topologji të përcaktuar si në figurën e mëposhtme, në të cilën mbrojtja nga gabimet e mundshme të rrjetit bëhet me anë të unazave riparuese dydrejtimore .



**Figura 1.** Topologjia e një rrjeti optik në të cilën mbrojtja nga gabimet e mundshme të rrjetit bëhet me anë të unazave riparuese dydrejtimore

Rrugët e lira janë vendosur midis çifteve të kulmeve për të trajtuar trafikun e rrjetit dhe në rastet kur mund të nevojiten unaza mbështetëse. Kapaciteti i kryqëzimit nevojitet vetëm për kulmet në të cilat rrugët kalojnë nga njëra unazë tek ajo ngjitur. Nëse unaza mund të mbulojë të njëjtën linjë supozohet se është caktuar një rrugë e lirë në atë linjë vetëm për të mbrojtur rrjetin. Konkretisht është konsideruar vetëm një nyje burim  $s$  (nyja 1) dhe vetëm një nyje destinacion  $d$  (nyjen 4).

Topologjia e rrjetit optik modelohet si një graf i orientuar  $G(V, E, W)$ , ku  $V$  është bashkësia e nyjeve (kulmeve),  $E$  bashkësia e lidhjeve midis nyjeve,  $W$  matrica e peshave (Welch (1966)); Karakteristikat e grafit topologjik:

$N = |V|, L = |E|$  janë përkatësisht numri i kulmeve dhe numri i nyjeve të rrjetit,  $w(i, j)$  pesha (gjatësia) e lidhjes përkatëse.  $R$  grup i unazave që përdoren në rrjetin  $G(V, E, W)$ . Unazat numërohen nga 1 deri në:

$R_{max} = |R|; P_{SD}$  të gjitha rrugët nga burim  $s$  te derdhja  $d$ . Shtigjet janë renditur nga 1 deri në  $P_{max}^{sd} = |P_{sd}|; k_{mn}^{sdj}, a_{mn}^r, c_{mn}^r (c_{mn}^{r-})$ , vlera binare të përcaktuar si më poshtë:

$$k_{mn}^{sdj} = \begin{cases} 1 & \text{nëse lidhja } (m, n) \in E \text{ i takon rrugës kandidate} \\ & \text{për tek } j \text{ midis nyjeve } s, d \\ 0 & \text{ndryshe} \end{cases}$$

$$a_{mn}^r = \begin{cases} 1 & \text{nëse lidhja } (m, n) \in E \text{ i takon unazës } r \\ 0 & \text{ndryshe;} \end{cases}$$

$$c_{mn}^{\rightarrow r} = \begin{cases} 1 & \text{nëse trafiku në shtegun (P: m - n) është} \\ & \text{në kahun kundërorar në rrjetin r} \\ 0 & \text{ndryshe} \end{cases}$$

$w_{sd}^j$  gjatësia e rrugës kandidate  $j$  për nyjen  $(s, d)$ ;  $lr$  gjatësia unazës kandidate  $r$ ;  $Sr$ : numri i nyjeve që i takojnë unazës kandidate  $r$ .

numri i nyjeve që i takojnë unazës kandidate  $r$ .

*Konstantet:*  $N_l$  numri maksimal i unazave të lejuara në një linjë;  $N_v$  numri maksimal i unazave të lejuara për nyje;  $N_o$  numri maksimal i kulmeve që mund të ketë një unazë;  $T_{\max}$  numri më i madh i rrugëve të lira që janë në funksion në secilën lidhje të grafit;  $C_{\max}$  maksimumi i gjatësisë së valëve që përdoren për çdo lidhje të grafit.

*Ndryshoret:*

$t_{sd}^n$  është numri i rrugëve të lira nga nyja  $s$  në  $d$  përgjatë rrugës kandidate  $P_{sd}$ ;

$$\delta^r = \begin{cases} 1 & \text{nëse unaza r është zgjedhur për të mbuluar rrjetin} \\ 0 & \text{ndryshe;} \end{cases}$$

$c_1^r(c_2^r)$  numri i gjatësive të valëve shtesë të ofruara me unazën  $r$  në drejtimin orar (kundërorar).

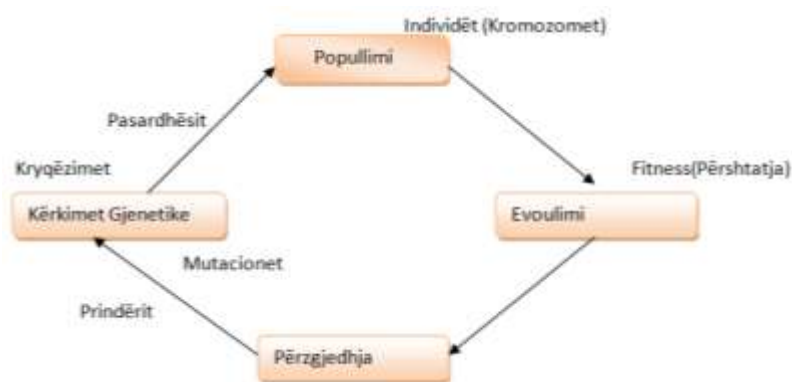
### Algoritmi Gjenetik (GA)

Algoritmi gjenetik (GA) u propozua në 1970 nga *John Holland*. Ky algoritëm bazohet në teorinë klasike të evolucionit të Darwinit, në teorinë e seleksionimit natyral të Weismannit dhe konceptin e gjenetikës së Mendelit, të cilat së bashku njihen si teoria Neo-Darwiniane. Neo-Darwinizmi konsiston në proceset e riprodhimit, mutacionit dhe selektimit. Ky algoritëm përdor selektimin “natyror” dhe teknika të përdorura nga gjenetika të njohura si crossover (kryqëzimi) dhe mutacion (ndyshimet). Çdo kromozon konsiston në një numër “gjenesh” dhe çdo gjen paraqitet me numrat binarë  $\{0,1\}$ . Operatori kryqëzimit zgjedh rastësisht një pozicion tek të dy kromozomet “prindër” dhe më tej shkëmben informacionin sipas këtij pozicioni. Si rezultat krijohen dy pasardhës të rinj. Vlerësimi i kryqëzimeve jepet zakonisht nga vlera propabilitare 0.7 që konsiderohet një vlerë optimale për ecurinë normale të algoritmit. Nëse një çift kromozomesh nuk kryqëzohen atëherë shfaqen kromozomet e klonuara dhe pasardhësit krijohen kopje të sakta të çdo prindi. Mutacioni (ndryshimi) i cili ndodh rrallë në natyrë, paraqet një ndryshim në gjene, i cili mund të sigurojë përmirësime domethënëse në përshtatshmërinë e individëve, por edhe mund të sjellë rezultate të dëmshme. Mutacioni (ndryshimi) si një element i rëndësishëm siguron që algoritmi i kërkimit të mos mbetet në një optimum

lokal. Mutacionet gjenetike në kromozomet e popullatës janë të ralla dhe kjo shprehet me një propabilitet në kufijtë nga 0.001 deri në 0.01.

Algoritmi gjenetik do të përfundojë llogaritjet atëhere kur do të jetë plotësuar një prej dy kritereve të përcaktuara. *Kriteri i parë* është plotësimi i kushtit i funksionit qëllimor dhe *i dyti* plotësimi i numrit maksimal të interacioneve të përcaktuara. Në parim, procesi i evolucionit do të vazhdojë deri në arritjen e një konvergjence të fitnesit (përshtatjes), pra, të gjithë individët të kenë të njëjtin fitness (përshtatje).

Në figurën e mëposhtme tregohet se si GA-ja vepron nëpërmjet një cikli të thjeshtë të përbërë nga katër faza kryesore



**Figurë 1.** Paraqitja ciklike e katër fazave kryesore të GA

Çdo cikël prodhon një brez të ri të zgjidhjeve të mundshme për një problem. Në fazën e parë, një popullsi fillestare me zgjidhje potenciale është krijuar si pikë fillimi për kërkimin. Në fazën pasardhëse, performanca e çdo individi vlerësohet në bazë të kufizimeve të vendosura nga problemi. Bazuar në performancën e secilit individ, një mekanizëm selektiv zgjedh prindërit për operatorët e kryqëzimit dhe mutacionet. Operatori i kryqëzimit merr dy kromozome dhe shkëmben pjesë të informacionit të tyre gjenetik në mënyrë që të prodhojë kromozome të reja.

Ai krijon struktura të reja në popullsi duke modifikuar në mënyrë rastësore disa nga gjenet, duke ndihmuar në këtë mënyrë algoritmin kërkimor që të arrijë të shmanget nga pengesat e minimumit lokal. Pasardhësit e prodhuar, janë popullsia e ardhshme e cila do vlerësohet. Popullsia mund të zëvendësohet e gjitha ose pjesërisht (vetëm pjesëtarët më pak të përfshirë). Cikli krijim-vlerësim-zgjedhje-manipulim vazhdon deri kur një zgjidhje e kënaqëshme gjendet.

Parametrat kryesore të funksionimit të një algoritmi GA janë:

- a) Përfaqësimi i individëve;
- b) Popullata fillestare;

c) Funkzioni Objektiv dhe Funkzioni i përshtatjes;

d) Përzgjedhja e prindërve;

a) *Përfaqësimi i individëve*. Paraqitja binare për një individ kandidat jepet në formën e një vektori binar, ku çdo vlerë e secilit prej  $n$  - elementëve është 0 ose 1. Kjo paraqitje bazohet në sistemin binar të numrave

$x = [x_1, x_2, x_3, x_4 \dots x_n]$ , kromozomi përfaqëson një zgjidhje të problemit dhe është i përbërë nga një varg gjenesh ( $g_{i,j}$ ) ose stringjesh me gjatësi të fundme. Struktura e të dhënave të një kromozomi paraqitet me një matricë të thjeshtë me madhësi  $n \times m$  elemente, ku  $n$  është numri i individëve në popullatë dhe  $m$  është gjatësia e gjenotipit që paraqitet nga këta individë.

$$\text{Kromozomi} = \begin{bmatrix} g_{1,1} & \dots & g_{1,m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{N,1} & \dots & g_{N,m} \end{bmatrix}$$

b) *Popullata fillestare*. Sapo vendoset një përfaqësim i përshtatshëm për kromozomet (individët), është e nevojshme që të krijohet një popullatë fillestare që shërben si pika e nisjes për GA-në. Kjo popullatë fillestare zakonisht krijohet në mënyrë të rastësishme, madhësia e saj zakonisht merret 30 dhe 100 individë. Roli i popullatës është që të mbajë zgjidhjet e mundshme dhe madhësia e popullatës është konstante dhe nuk ndryshon gjatë kërkimit evolutiv.

c) *Funksioni objektiv dhe funksioni i fitnessit*. Funksioni objektiv përdoret për të siguruar një masë matjeje për rritjen e përshtatjes së individëve “më të mirë” dhe përshtatjen e të gjithë popullatës në një të tërë. Në rastin e një popullate minimale, individët më të mirë kanë vlerën më të ulët numerike të funksionit objektiv. Funksioni i përshtatjes (fitnes) përdoret për të transformuar vlerën e funksionit objektiv në një vlerë pozitive relative:

$$F(x) = g(f(x))$$

ku  $f$  - funksioni objektiv;  $g$  – funksioni i transformimit të vlerës së funksionit objektiv në numër jonegativ.

Në shumë raste, vlera e funksionit të përshtatjes korrespondon me numrin e pasardhësve që një individ mund të riprodhojë në gjeneratën e ardhshme. Përshtatja individuale  $F(x_i)$  për secilin individ llogaritet si performanca e tij e parë në raport me të gjithë popullsinë

$$F(x_i) = \frac{f(x_i)}{\sum_{i=1}^n f(x_i)}$$

$n$  - madhësia e populates;  $x_i$  -vlera për çdo individ  $i$ .

d) **Përzgjedhja e prindërve**. Prindërit e përzgjedhur duhet të jenë individë të përshtatshëm nga popullata. Efekti ose ndikimi i përzgjedhjes është që të kthejë një prind të përzgjedhur.

Algoritmi përfundon nëse popullsia shkon drejt konvergencës, pra nuk prodhon pasardhës të cilët ndryshojnë dukshëm nga gjenerata e mëparshme.

Hapat që ndjek një algoritëm gjenetik për zgjidhjen e problemit të gjetjes së rrugëve minimale dhe unazave vetëriparuese (Gihan & Ali 2002), janë:

*Hapi 1:* Ndërto grafën me kostot përkatëse për çdo rrugë. Inicializo variablat globale dhe popullimin.

*Hapi 2:* Zgjedh një burim dhe destinacion për të gjeneruar të gjitha shtigjet midis nyjeve të dëshiruara.

*Hapi 3:* Kryhet riprodhimi, kryqëzimi dhe mutacioni për të marrë zgjidhjen më të mirë.

### Formulimi matematik

Në një strukturë të rrjetit unazor është e nevojshme të përcaktohet unaza e cila duhet të jetë e lidhur me secilën nyje si dhe mënyra si duhet të drejtohet trafiku në unazë. Synimi ynë është minimizimi i gjatësive të rrugëve të nevojshme, për të përmbushur kërkesat e trafikut, duke përfshirë edhe ato të destinuara për mbrojtje, gjithashtu kërkojmë minimizimin e gjatësisë së valës për unazat e përdorura si dhe zvogëlimin e numrit të unazave të nevojshme për mbulim. Rrjeti modelohet si një problem optimizues jo linear, i cili konsiston në minimizimin peshës totale të rrjetit.

Funksioni objektiv

$$\min[(\sum_{14} \sum_{j \in P_{14}} w_{14}^j t_{14}^j) + (\sum_r l^r (c_1^r + c_2^r))]$$

vektori i të panjohurave është:

$x = [t_{14}^1 \ t_{14}^2 \ t_{14}^3 \ \delta^1 \ \delta^2 \ \delta^3 \ c_1^1 \ c_1^2 \ c_1^3 \ c_2^1 \ c_2^2 \ c_2^3]$ , ku tre të panjohurat e para i referohen numrit të rrugëve të lira (nga s deri në d) që duhet të jenë njëkohësisht aktive, gjashtë të fundit tregojnë shpërndarjen e burimeve mes unazave të ndryshme (duke i u referuar kulmit) respektivisht sipas kahut orar  $c_1^r$  dhe kundërorar  $c_2^r$ . Që rrjeti të funksionojë duhet të plotësohen kufizimet

$$\begin{aligned} \sum_{j \in P_{14}} t_j^{14} &= A_{14} \\ T_{max} \sum_r a_{mn}^r * \delta^r &\geq \sum_{14} \sum_{j \in P_{14}} k_{mn}^{14j} * t_{14}^j \\ c_1^r + c_2^r &\leq C_{max} \delta^r \\ \sum_r (c_{mn}^{r+} * c_1^r + c_{mn}^{r-} * c_2^r) &\geq \sum_{14} \sum_{j \in P_{14}} k_{mn}^{14j} * t_{14}^j \\ \sum_r a_{mn}^r * \delta^r &\leq N_t \\ \sum_r \sum_n a_{in}^r * \delta^r &\leq 2 * N_v \end{aligned}$$

$$S_r * \delta^r \leq N_r$$

$$\forall (m, n) \in E; \forall r \in R; \forall i \in V$$

### Rezulate dhe diskutime

Për të zgjidhur problemin e shtruar kemi përdorur algortimin gjenetik si një ndër metodat më efikase për zgjidhjen e probleme optimizuese me natyrë jo lineare. Është përdorur softueri MATLAB për të marre rezultatet në një kohë të shpejtë. Në tabelën e mëposhtme janë dhenë parametrat e nevojshëm të rrjetit optik me unaza vetë riparuese si dhe parametrat fillestar të algoritmit gjenetik.

	Parametrat	Vlerat
<b>GA</b>	<i>Popullata</i>	50
	<i>Maxiter</i>	1000
	<i>Probabiliteti i Kryqëzimit</i>	0.8
	<i>Probabiliteti i Mutacionit</i>	0.1
	<i>Individët elite</i>	2
	<i>Funksioni fitness</i>	Popollimi
	<i>Funksioni l shkaliëzimit</i>	Gradual
	<i>Vektori fillestar</i>	[0;10]
	<i>Përzgjedhja</i>	Rrulot
<b>Rrjeti Optik</b>	<i>Numri i kulmeve</i>	4( $V=\{1,2,3,4\}$ )
	<i>Numri i unazave</i>	3( $R=1,2,3$ )
	<i>Rrugët</i>	$P_{14}^1 = [1 \ 4]$ $P_{14}^2 = [1 \ 2 \ 4]$ $P_{14}^3 = [1 \ 2 \ 3 \ 4]$
	<i>Peshat e rrugëve</i>	$P_{14}^1 = 25$ $P_{14}^2 = 20$ $P_{14}^3 = 40$
	<i>Gjatësia e unazave</i>	$l_1=45, l_2=40$ $l_3=65$
	<i><math>T_{max}; C_{max}</math></i>	100

**Tabela1.** Parametrat e nevojshëm për rrjetin optik si dhe parametrat fillestar të GA.



Fillimisht është krijuar një klasë algoritmi gjenetik që përmban kromozomin si ndryshore dhe zbaton metodat themelore për të bërë përzgjedhjen, riprodhimin dhe mutacionin përmes simulimit të evolucionit. Funksionimi i algoritmit do të organizohet përmes funksionit kryesor dhe të gjithë funksionet e tjera do të thërriten nga funksioni kryesor. Është krijuar struktura e shtigjeve e quajtur rrugë e cila ruan nyjet dhe koston e secilit shteg. Struktura bazë është një bashkësi numrash të plotë ndërmjet 0 dhe numrit më të madh të nyjeve. Çdo objekt i kësaj strukture përbën një rrugë dhe gjenet e vektorit janë nyjet që shtrihen përmes kësaj rruge, gjenerohen një numër rasti që përfaqëson koston për këtë vektorë (rrugë).

Pas zgjidhjes së problemit të optimizimit, përftohen rezultatet e paraqitura në tabelën e mëposhtme:

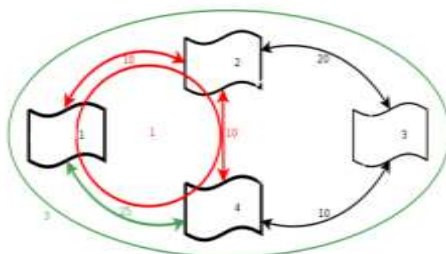
Metodat e Përdorura	
Metodat Evolucionare GA	
<b>X</b>	[0.57 1.4 0 1 0.38 0.38 0 0.34 3.58 2.77 0 3.03]
<b>Fval</b>	90
<b>exitflag</b>	1
<b><math>X' \approx X</math></b>	[1 1 0 1 0 0 0 0 4 3 0 3]
<b>Koha e ekzekutimit</b>	40.214 sekonda

**Tabela 2.** Rezultatet e përfuara nga implementimi i algoritmit gjenetik në MATLAB.

Kriteri i ndalimit i përdorur është mos ndryshimi i vlerës së përshtatshmërisë (fitnes) gjatë disa iteracioneve të njëpasnjëshme.

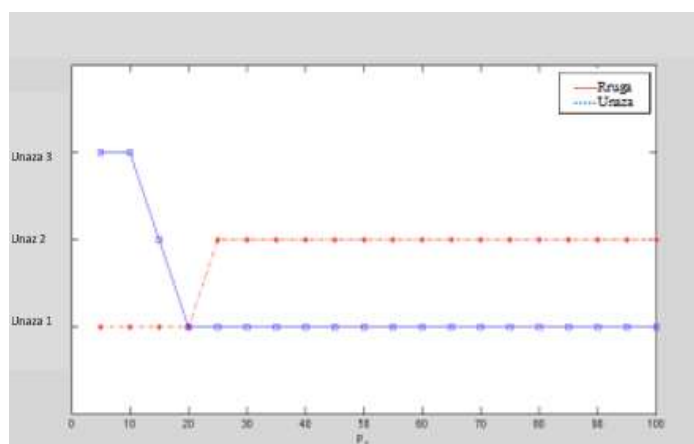
Duke interpretuar zgjidhjen optimale, vlerat e komponenteve të vektorit zgjidhje  $x(4) = \delta^1$ ,  $x(5) = \delta^2$ ,  $x(6) = \delta^3$  tregojnë se të dy zgjidhjet optimale përdorin unazën 1 për sigurinë e rrjetit (sepse  $\delta^1 = 1$ ;  $0,38 = \delta^2 \approx 0$ ,  $\delta^3 = 0,38 \approx 0$ ). U konstatua se dy shtigjet e identifikuar si më të mirët janë të përbërë dhe mbrohen nga unaza 1. Vlerat e ndryshme nga zero  $x(5)$  dhe  $x(6)$  tregojnë se tre unazat e konsideruara janë të veçuara, por pjesërisht të mbivendosura. Kjo do të thotë që unazat fqinje mund të mbulojnë pjesërisht të gjitha rrugët dhe do të jenë pjesërisht të afta për mbrojtjen e tyre. Gjashtë vlerat e fundit të vektorit zgjidhje (lidhin  $c_1^T$  dhe  $c_2^T$ ), tregojnë një shpërndarje të burimeve për mbrojtjen, e caktuar në mënyrë tillë që unaza 1 mbulon kahun orar dhe unaza 3 mbulon kahun orar dhe kundërorar. Unaza e 3-të merret nga bashkimi i unazave 1 dhe 2, për më tepër unaza 1 duhet të

ketë burime të destinuar për unazën 3. Që kjo qasje arrihet duke vepruar me topologjinë që na siguron mbulimin e duhur të rrugëve nga unazat:

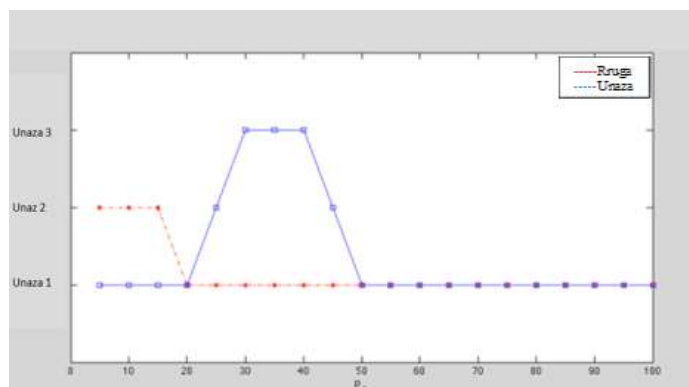


**Figura 3.** Topologjia optimale e rrjetit optik në të cilën mbrojtja nga gabimet e mundshme të rrjetit bëhet me anë të unazave riparuese me dy drejtime

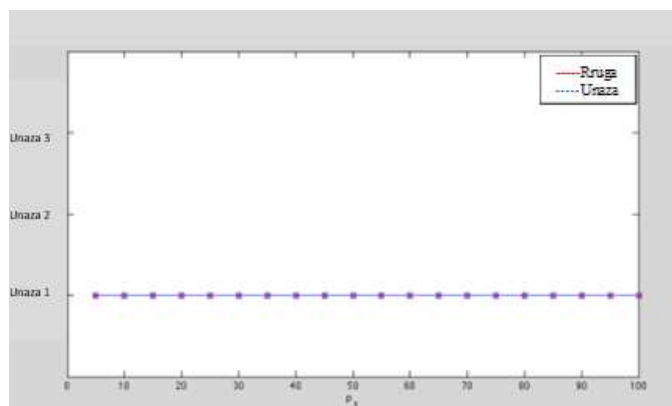
Me të kuqe kemi shënuar unazën dhe rrugën optimale, me të gjelbër është shënuar unaza dhe rruga pothuajse më e gjatë, siç është identifikuar nga optimizimi. Përcaktimi i rrugës optimale arrihet duke ndërtuar unaza mbi bazën e ndryshimit të një parametri që luan rol kryesor në funksionin e sheshimit, *peshat e rrugëve*. Për secilën nga tre rrugët e marra në shqyrtim, ndryshohet pesha e njëres rrugë dhe dy të tjerat mbahen të pandryshuara. Për këtë arsye janë konsideruar tre rastet e mëposhtme për të parë përshatshmërinë e rrugës me unazën pasi ndryshojmë peshën e një rrugë. Ndryshojmë peshën e rrugës  $P_{14}^1$  duke mbajtur të pa ndryshuara peshat e rrugëve  $P_{14}^2$  dhe  $P_{14}^3$ . Veprojmë në këtë mënyrë edhe për dy mundësitë e tjera: ndryshojmë peshën e rrugës  $P_{14}^2$  dy peshat  $P_{14}^1, P_{14}^3$  nuk i ndryshojmë; ndryshojmë peshën e rrugës  $P_{14}^3$  dy peshat e tjera i mbajmë të pa ndryshuara ( $P_{14}^1, P_{14}^2$ ). Për secilin nga rastet, paraqesim trendin e zgjedhjes së rrugëve dhe unazave me ndihmën e grafikëve.



**Figura 4:** Trendi në zgjedhjen e rrugëve dhe unazave kur pesha e rrugës  $P_{14}^1$  është e ndryshueshme.



**Figura 5:** Trendi në zgjedhjen e rrugëve dhe unazave ku pesha e rrugës  $P_{14}^2$  është e ndryshueshme.



**Figura 6:** Trendi në zgjedhjen e rrugëve dhe unazave kur pesha e rrugës  $P_{14}^3$  është e ndryshueshme.

Duke parë tendencën e grafikut gjatë ndryshimit të peshës së njëres prej rrugëve, krijohet skema e qartë e zëvendësimit të rrugëve në të gjithë gjatësinë e tyre ose pjesërisht me unazat vetë riparuese, të cilat mbrojnë topologjinë optimale të rrjetit.

### Përfundime

Modelimi i rrjetit të telekomunikacionit me anë të fibrave optike, si një problem i optizimit ka një rëndësi të veçantë në modelimin e rrjeteve me përmasa shumë të mëdha. Përdorimi i unazave vetëriparuese për të riparuar rrjetin është një metodë efikase e cila ndihmon rrjetin të punoj edhe kur ka humbje. Për zgjidhjen e problemi të optimizimit konkret u përdor algoritmi gjenetik. Ky algoritëm është një metodë evolucionare efikase e cila konvergjon drejt zgjidhjes globale. U modelua një rrjet optik me unaza vetëriparuese me 4 kulme dhe tre unaza mbrojtëse. Pasi u zgjidh problemi, treguam se rruga  $P_{14}^1$  është rruga me kosto minimale duke konsideruar peshën e saj dhe gjatësinë e unazës mbrojtëse, e cila mbrohet nga unaza 1.

Algoritmit gjenetik siguron sheshim, në 79.6% të kohës, dhe merr një rezultat të kënaqshëm për rrjetin në një kohë ekzekutimi në dyzet sekondat e parë.

### Literatura

Melanie Mitchell Fogel, D. B. (1995): An introduction to genetic algorithms. MIT Press, 1998. Evolutionary Computation: Toward a New Philosophy of Machine Intelligence. IWE Press

Holland, J. H. (1975): Adaptation in Natural and Artificial Systems. University of Michigan Press. (Second edition: MIT Press, 1992.)

Goldberg, D. E. (1989): Genetic Algorithm In Search, Optimization And Machine Learning', New York: Addison – Wesley

Collins R & J Jefferson D.R (1991): selection in massively parallel genetic algorithms Genetic Algorithms: Theory and Applications Lecture Notes Third Edition

Ulrich BodenhoferJohn R Koza (2003/2004): Genetic Programing on the programing of computers by means of natyral selection

Wahde, M., (2008): Biologically inspired optimization methods an introduction. Southampton: WIT Press

James Cunha Werner, Terence C. Fogarty (2007): Map Algorithim in Routing Using Genetic Algorithim, South Bank University

Gihan Nagib and Wahied G. Ali, (2002): Network Routing Protocol Using Genetic Algorithms, International Journal of Electrical & Computer Sciences, Vol:10 No:02; 40-44, April

Giorgetti, L. Valcarengi, F. Cugini, P. Castoldi, (2010): PCE-based Dynamic Restoration in Wavelength Switched Optical Networks, in proceedings IEEE ICC

Selvanathan N. and W.J. Tee, (2003): Genetic Algorithm Solution to Solve the Shortest Path Problem OSPF and MPLS", Malaysian Journal of Computer Science, Vol. 16 No. 1, pp. 58-67

Ahn C. W. , Ramakrishna R. S., (2002): A Genetic Algorithm for Shortest Path Routing Problem and the Sizing of Populations, IEEE Transactions on Evolutionary Computation, vol. 6, No. 6, December, pp. 566-579

Gen M., Cheng R., (1999): Genetic Algorithms & Engineering Optimization, EDA, John Wiley & Sons

Wang X., Guo L., Yu C., Wang D., W. Hou, Y. Li, C. Wang, X. Liu, (2009): A new heuristic protection algorithm based on survivable integrated auxiliary graph in waveband switching optical networks, Computer Communications, No. 32, pp. 1000-1005

McMinn P., (2004): Search-based Software Test Data Generation: A Survey, Software Testing, Verification and Reliability; 105-156, June

Holland J. H. , (1975): Adaptation in Natural and Artificial Systems", University of Michigan Press, Ann Arbor

Maier M.,( 2014): The escape of sisyphus or what “Post NG-PON2” should do for a sustainable TIR economy apart from neverending capacity upgrades,” *Photonics*, vol. 1, no. 1; 47–66

Lometti A.,(2012): Optical access architectures for backhauling of broadband mobile networks, in *Proceedings of the 15th International Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium (NETWORKS '12)*

Zamora A (1976): An algorithm for finding the smallest set of smallest rings. *J Chem Inf Comput Sci* 16:40 – 43

Corey E, Perersson G (1972): Algorithm for machine perception of synthetically significant rings in complex cyclic organic structures. *J Am Chem Soc* 94: 460 – 465

Welch J, Jr (1966): A mechanical analysis of the cyclic structure of undirected linear graphs. *J ACM* 13:205–210