

Algoritmi A*

Erjon Asllani

Universiteti i Prishtinës

Fakulteti i Shkencave Matematike-Natyrore

Shkenca Kompjuterike

Prishtinë, Kosovë

erjon.asllani@student.uni-pr.edu

Fatbardh Gashi

Universiteti i Prishtinës

Fakulteti i Shkencave Matematike-Natyrore

Shkenca Kompjuterike

Prishtinë, Kosovë

fatbardh.gashi6@student.uni-pr.edu

Vullnet Gërvalla

Universiteti i Prishtinës

Fakulteti i Shkencave Matematike-Natyrore

Shkenca Kompjuterike

Prishtinë, Kosovë

vullnet.gervalla@student.uni-pr.edu

I. Hyrje

Algoritmi i kërkimit A* është një algoritm kërkimi i përdorur gjerësisht në inteligjencën artificiale (AI) që është veçanërisht i përshtatshëm për gjetjen e shtigjeve optimale përmes hapësirave komplekse dhe shumëdimensionale të kërkimit.

Fjalët kyçe—Inteligjenca Artificiale, Algoritmet e kërkimit të informuara, A*

II. Zhvillimi

Algoritmi bazohet në një kombinim të një funksioni heuristik, i cili siguron një vlerësim të distancës nga nyja aktuale në nyjen e qëllimit, dhe një funksion të koston, i cili siguron një vlerësim të koston së arrijtes së nyjes aktuale nga nyja fillestare. Duke kombinuar këto dy funksione, algoritmi i kërkimit A* është në gjendje të eksplorojë hapësirën e kërkimit në një mënyrë efikase dhe efektive. Algoritmi i kërkimit A* u zhvillua për të adresuar kufizimet e algoritmeve të tjera të kërkimit, të tilla si kërkimi në gjerësi, kërkimi i parë në thellësi dhe kërkimi me kosto uniforme, të cilat mund të jenë joefikase ose joefektive në gjetjen e zgjidhjeve optimale për problemet në hapësira komplekse kërkimi. Këto algoritme zakonisht eksplorojnë hapësirën e kërkimit ose duke zgjeruar sistematikisht nyjet një nga një ose duke zgjedhur nyjen tjetër për të eksploruar bazuar në një funksion prioritar fiks, pa marrë parasysh distancën nga nyja e qëllimit.

Algoritmi i kërkimit A* i kapërcen këto kufizime duke përfshirë një funksion heuristik që vlerëson distancën nga nyja aktuale në nyjen e qëllimit. Kjo i lejon algoritmit të drejtojë kërkimin e tij drejt zonave premtuese të hapësirës së kërkimit, duke shmangur eksplorimin e panevojshëm të zonave më pak premtuese. Duke përdorur funksionin heuristik për t'i dhënë përparësi nyjeve në hapësirën e

kërkimit, algoritmi i kërkimit A* është në gjendje të gjejë rrugën optimale nga nyja fillestare në nyjen e qëllimit në mënyrë më efikase se algoritmet e tjera të kërkimit.

Për shembull, merrni parasysh një problem të gjetjes së shtigjeve ku qëllimi është gjetja e shtegut më të shkurtër nga një pikënisje në një destinacion në një labirint. Kërkimi me gjerësi të parë dhe kërkimi në thellësi mund të përdoren për të gjetur një shteg nga pika e fillimit deri në destinacion, por ato nuk garantojnë që shtegu i gjetur do të jetë shtegu më i shkurtër. Kërkimi me kosto uniforme mund të gjejë rrugën më të shkurtër, por mund të jetë joefikas në hapësira të mëdha kërkimi, pasi mund të eksplorojë shumë nyje që janë larg qëllimit përpara se të gjejë rrugën optimale.

Në të kundërt, algoritmi i kërkimit A* mund të gjejë rrugën më të shkurtër nga pika e fillimit deri në destinacion në një mënyrë më efikase. Duke përdorur një funksion heuristik që vlerëson distancën deri në destinacion, algoritmi mund t'i japë përparësi eksplorimit të nyjeve që kanë më shumë gjasa të çojnë në shtegun më të shkurtër. Kjo i lejon algoritmit të eksplorojë hapësirën e kërkimit në mënyrë më efikase, duke garantuar që shtegu më i shkurtër do të gjendet kur përdoret një funksion heuristik i pranueshëm dhe konsistent.

Në përgjithësi, algoritmi i kërkimit A* është në gjendje të gjejë zgjidhje optimale për problemet në hapësira komplekse kërkimi në mënyrë më efikase se algoritmet e tjera të kërkimit, duke e bërë atë një mjet të vlefshëm në një gamë të gjerë aplikimesh.

A. Avantazhet

Një nga avantazhet kryesore të algoritmit të kërkimit A* është se ai është një algoritm kërkimi i informuar. Kjo do të thotë se përdor heuristikat

për të udhëhequr procesin e kërkimit, gjë që e bën atë më efikas se algoritmet e tjera të kërkimit që nuk përdorin heuristikë. Në mënyrë të veçantë, algoritmi i kërkimit A* përdor funksionin heuristik për të vlerësuar distancën nga nyja aktuale në nyjen e qëllimit dhe funksionin e kostos për të vlerësuar koston e arritjes së nyjes aktuale nga nyja fillestare. Duke përdorur këto vlerësime për të drejtuar kërkimin e tij, algoritmi i kërkimit A* është në gjendje të përqendrojë vëmendjen e tij në shtigjet më premtuese përmes hapësirës së kërkimit, gjë që e lejon atë të eksplorojë hapësirën më shpejt dhe me efikasitet.

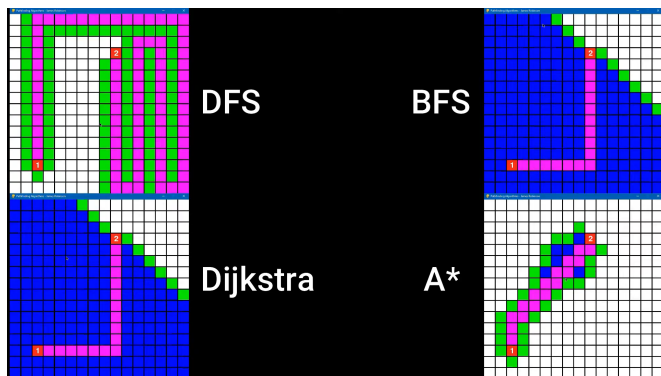


Fig. 1. Procesi i gjetjes së zgjidhjes nga algoritmet e kërkimit

Një tjetër avantazh kryesor i algoritmit të kërkimit A* është se garantohet të gjejë zgjidhjen optimale nëse funksioni heuristik është i pranueshëm dhe konsistent. Një heuristikë e pranueshme është ajo që nuk e mbivlerëson kurrë distancën aktuale nga nyja e qëllimit, ndërsa një heuristikë konsistente është ajo që plotëson një veçori të caktuar të quajtur pabarazia e trekëndëshit. Kur funksioni heuristik është njëkohësisht i pranueshëm dhe konsistent, algoritmi i kërkimit A* garantohet të gjejë shtegun më të shkurtër midis nyjes fillestare dhe nyjes së qëllimit, gjë që e bën atë një algoritëm ideal për një gamë të gjerë problemesh kërkimi.

Përveç garancive të efikasitetit dhe optimalitetit, algoritmi i kërkimit A* ka edhe disa avantazhe të tjera. Për shembull, është një algoritëm i plotë, që do të thotë se është e garantuar të gjejë një zgjidhje nëse ekziston. Kjo ndodh sepse algoritmi i kërkimit A* eksploron të gjitha shtigjet e mundshme nëpër hapësirën e kërkimit derisa të gjejë një zgjidhje. Për më tepër, algoritmi i kërkimit A* është efikas në memorie sepse ruan vetëm nyjet që janë duke u

eksploruar aktualisht në radhën e përparësisë, gjë që e bën atë të përshtatshëm për hapësira të mëdha kërkimi.

B. Disavantazhet

Pavarësisht këtyre avantazheve, megjithatë, algoritmi i kërkimit A* ka gjithashtu disa kufizime dhe disavantazhe të mundshme. Një nga kufizimet kryesore të algoritmit është se ai kërkon një funksion të mirë heuristik për të qenë efektiv. Në disa raste, mund të jetë e vështirë të gjejë një funksion heuristik që është edhe i pranueshëm dhe i qëndrueshëm, gjë që mund të kufizojë performancën e algoritmit. Për më tepër, edhe kur disponohet një funksion i mirë heuristik, algoritmi i kërkimit A* mund të vazhdojë të eksplorojë shtigje të panevojshme nëse funksioni heuristik nuk është mjaft i saktë. Kjo mund të çojë në reduktim të efikasitetit dhe kohë më të gjatë kërkimi.

Një tjetër disavantazh i mundshëm i algoritmit të kërkimit A* është se ai mund të jetë i ndjeshëm ndaj rendit në të cilin hulumtohen nyjet. Nëse algoritmi eksploron nyjet në rendin e gabuar, mund të duhet më shumë kohë për të gjetur zgjidhjen optimale. Kjo mund të ndodhë nëse funksioni heuristik nuk është mjaftueshëm i saktë ose nëse radha e përparësisë nuk zbatohet saktë. Në disa raste, algoritmet alternative të kërkimit si kërkimi i parë në gjerësi ose kërkimi i parë në thellësi mund të jenë më efektivë, në varësi të karakteristikave të problemit të kërkimit dhe cilësisë së funksionit heuristik të disponueshëm.

C. Përmirësimi i algoritmit

Megjithatë, është e rëndësishme të theksohet se gjetja e një funksioni të mirë heuristik mund të jetë sfidues dhe mund të kërkojë përpjekje të konsiderueshme dhe njohuri të fushës. Në disa raste, mund të jetë e nevojshme të zhvillohen funksione të shumta heuristike dhe t'i testoni ato për të gjetur funksionin më efektiv. Për më tepër, është e rëndësishme të zgjidhni një strukturë të përshtatshme të dhënash për radhën prioritare, pasi një zgjedhje e dobët mund të çojë në kohë më të gjatë kërkimi.

Një mënyrë për të përmirësuar performancën e algoritmit të kërkimit A* është përdorimi i teknikave të tilla si thellimi i përsëritur A* ose kërkimi A* i kufizuar me memorie. Kërkimi i thelluar përsëritës

A* kombinon avantazhet e kërkimit A* me ato të kërkimit të thellimit përsëritës për të reduktuar kërkesat e memories së algoritmit. Kërkimi A* i kufizuar me memorie, nga ana tjetër, kufizon numrin e nyjeve që ruhen në radhën prioritare, gjë që mund të ndihmojë në uljen e kohës së kërkimit në rastet kur kujtesa është një kufizim.

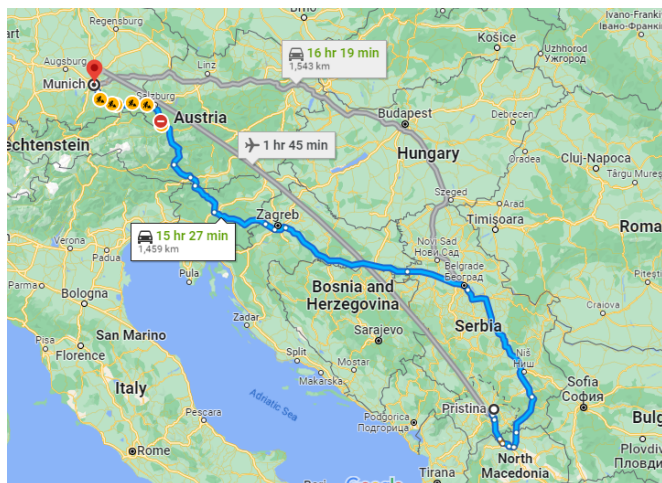


Fig. 2. Gjetja e rrugës në Google Maps me anë të A*

D. Përdorimi i algoritmit

Vitet e fundit, ka pasur një interes në rritje për përdorimin e teknikave të mësimi të makinerive për të përmirësuar performancën e algoritmit të kërkimit A*. Për shembull, disa studiues kanë propozuar përdorimin e të mësuarit të thellë për të mësuar funksione më të mira heuristike për algoritmin. Duke trajnuar një rrjet nervor të thellë për të parashikuar distancën nga nyja e qëllimit, është e mundur të zhvillohet një funksion heuristik më i saktë dhe efektiv. Studiues të tjerë kanë eksploruar përdorimin e të mësuarit përforcues për të trajnuar agjentët për të mësuar se si të zgjidhin problemet e kërkimit duke përdorur algoritmin e kërkimit A*.

Përveç përdorimit të tij në problemet e gjetjes së shtigjeve, algoritmi i kërkimit A* është aplikuar edhe për një gamë të gjerë problemesh të tjera në inteligjencën artificiale dhe më gjerë. Për shembull, algoritmi është përdorur në vizionin kompjuterik për të zbuluar dhe gjurmuar objektet në transmetimet video. Është përdorur gjithashtu në përpunimin e gjuhës natyrore për të analizuar dhe analizuar tekstin, dhe në robotikë për të planifikuar dhe ekzekutuar lëvizjet e robotëve.

E. Probleme të jetës së përditshme

Algoritmi i kërkimit A* është një algoritëm i fuqishëm dhe i gjithanshëm që mund të përdoret për të zgjidhur një gamë të gjerë problemesh në fusha të ndryshme. Disa shembuj të problemeve të jetës reale që mund të zgjidhen duke përdorur algoritmin e kërkimit A* janë:

Gjetja e rrugës : Një nga aplikimet më të zakonshme të algoritmit të kërkimit A* është në problemet e gjetjes së shtigjeve. Për shembull, mund të përdoret në sistemet e navigimit për të gjetur rrugën optimale midis dy pikave në një qytet, ose në logjistikë për të optimizuar shpërndarjen e mallrave nga një vend në tjetrin.

Robotika: Algoritmi i kërkimit A* mund të përdoret në robotikë për të planifikuar dhe ekzekutuar lëvizjet e robotëve. Për shembull, mund të përdoret për të planifikuar rrugën optimale për një robot për të përshkuar një labirint ose për të lundruar në një mjedis të mbushur me njerëz.

Lojëra kompjuterike: Algoritmi i kërkimit A* përdoret zakonisht në lojërat kompjuterike për të simuluar lëvizjen e personazheve dhe objekteve brenda botës së lojës. Mund të përdoret për të gjetur rrugën më të shkurtër midis dy pikave ose për të shmangur pengesat në mjedisin e lojës.

Vizioni kompjuterik: Algoritmi i kërkimit A* mund të përdoret në vizionin kompjuterik për të zbuluar dhe gjurmuar objektet në transmetimet video. Për shembull, mund të përdoret për të gjurmuar lëvizjen e një automjeti në një video të kamerës së trafikut ose për të zbuluar vendndodhjen e një personi në një video vëzhgimi.

Përpunimi i gjuhës natyrore: Algoritmi i kërkimit A* mund të përdoret në përpunimin e gjuhës natyrore për të analizuar dhe analizuar tekstin. Për shembull, mund të përdoret për të analizuar një fjali dhe për të identifikuar strukturën gramatikore të fjalisë.

Bioinformatika: Algoritmi i kërkimit A* mund të përdoret në bioinformatikë për të identifikuar rrugën më të shkurtër midis dy proteinave në një rrjet ndërveprimi proteinik. Kjo mund të ndihmojë në zbulimin e objektivave të reja të barnave dhe në zhvillimin e barnave të reja.

Teoria e lojës: Algoritmi i kërkimit A* mund të përdoret në teorinë e lojës për të llogaritur strategjinë optimale për një lojtar në një lojë. Për

shembull, mund të përdoret për të gjetur lëvizjen optimale për një shahist ose për të llogaritur ekuilibrin Nash në një lojë.

F. Variantet e A*

Ka disa variante të algoritmit të kërkimit A* që janë zhvilluar për të adresuar lloje të ndryshme problemesh ose për të përmirësuar efikasitetin ose efektivitetin e algoritmit origjinal. Disa nga variantet më të zakonshme të algoritmit të kërkimit A* janë:

Weighted A*: A* i peshuar është një variant i A* që lejon përdoruesin të kontrollojë ekuilibrin midis funksionit heuristik dhe kostos aktuale të shtegut. Kjo bëhet duke futur një faktor peshe që rregullon rëndësinë e funksionit heuristik. A* i peshuar mund të përdoret për të gjetur shtigje që janë më afër shtegut optimal, duke eksploruar ende hapësirën e kërkimit në mënyrë efikase.

Anytime A*: Anytime A* është një variant i A* që lejon algoritmin të kthejë një zgjidhje në çdo kohë gjatë procesit të kërkimit. Kjo është e dobishme në situatat kur gjetja e zgjidhjes optimale nuk është kritike, por nevojitet një zgjidhje e mirë shpejt. Sa herë që A* e arrin këtë duke lejuar algoritmin të përfundojë kërkimin herët dhe duke kthyer zgjidhjen më të mirë të gjetur deri më tani.

Real time A*: A* në kohë reale është një variant i A* që është krijuar për të punuar në sisteme në kohë reale, ku mjedisi ndryshon vazhdimisht. A* në kohë reale e arrin këtë duke përdorur një proces kërkimi në rritje që përditëson rrugën drejt nyjes së qëllimit në kohë reale, ndërsa mjedisi ndryshon. Kjo lejon që algoritmi të përshtatet shpejt me ndryshimet në mjedis dhe të gjejë një rrugë të re nëse është e nevojshme.

Incremental A*: Inkremental A* është një variant i A* që lejon algoritmin të përditësojë funksionin heuristik gjatë procesit të kërkimit. Kjo është e dobishme në situatat kur mjedisi po ndryshon dhe funksioni heuristik duhet të përditësohet për të pasqyruar kushtet e reja. Incremental A* e arrin këtë duke përdorur një pemë kërkimi që përditësohet në mënyrë dinamike kur informacioni i ri bëhet i disponueshëm.

Hierarchical A*: A* hierarkike është një variant i A* që është krijuar për të punuar në hapësira të mëdha kërkimi. Hierarkik A* e arrin këtë duke e ndarë hapësirën e kërkimit në një hi-

erarki nënproblemesh dhe duke zgjidhur secilën nënprobleme veç e veç duke përdorur A*. Kjo i lejon algoritmit të eksplorojë hapësirën e kërkimit në mënyrë më efikase, duke gjetur ende zgjidhjen optimale.

Këta janë vetëm disa shembuj të shumë varianteve të algoritmit të kërkimit A* që janë zhvilluar. Çdo variant është krijuar për të trajtuar një lloj problemi specifik ose për të përmirësuar efikasitetin ose efektivitetin e algoritmit origjinal. Duke zgjedhur variantin e duhur për një problem të caktuar, studiuesit dhe praktikuesit mund të përdorin fuqinë dhe shkathtësinë e algoritmit të kërkimit A* për të zgjidhur një gamë të gjerë problemesh të botës reale.

III. Rast Studimi

Në vijim do ta implementojmë algoritmin A* në një problem të thjeshtë nga jeta reale.

Supozojmë se dëshirojmë të udhëtojmë nga qyteti i Gjilanit tek qyteti i Gjakovës dhe dëshirojmë ta bëjmë këtë përmes rrugës më të shpejtë të mundur. Për thjeshtësi do të marrim vetëm 7 qytete të Kosovës (shih figurën 3), përndryshe procesi i paraqitur më poshtë do të jetë i njëjtë edhe nëse do e implementonim me të gjitha qytetet e Kosovës.



Fig. 3. Disa qytete të Kosovës.

Hapi i parë është të krijojmë një graf ku qytetet janë kulme (nyje) dhe rrugët mes tyre janë degë (brinjë). Grafi i formuar është paraqitur në figurën 4.

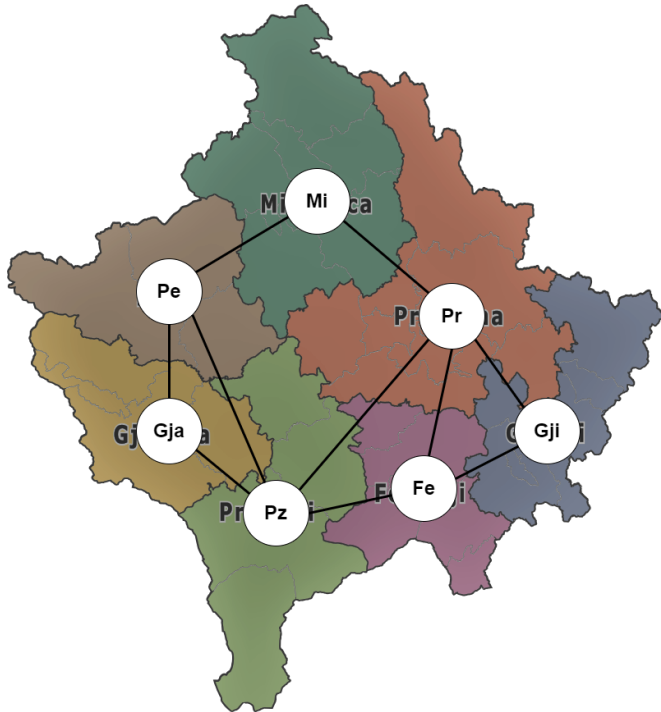


Fig. 4. Grafi i ndërtuar nga qytetet e Kosovës.

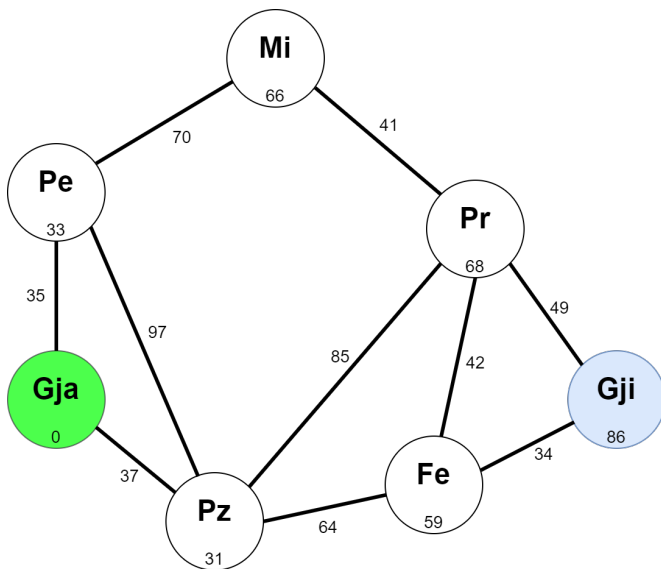


Fig. 5. Grafi me distancat mes qyteteve dhe heuristikën.

Pas ndërtimit të grafit vendosim për një heuristikë të përshtatshme për problemin e dhënë. Në këtë rast marrim distancën ajrore mes një qytetit dhe qytetit të qëllimit. Edhe pse distanca e vijës ajrore

nuk është reprezentim i mirë i rrugëve tokësore, si heuristikë është metrikë e mirë pasi që shumicën e rasteve nëse një lokacion është me distancë më të vogël ajrore edhe distanca tokësore e rrugëve do të jetë më e vogël. Përveç heuristikës që është distanca e vijës ajrore, kemi edhe një distancë tjetër mes qyteteve e cila do të jetë largesa e rrugës mes dy qyteteve. Në figurën 5 paraqitet grafi me distancat dhe heuristikat përkatëse.

Pas ndërtimit të grafit me të gjitha distancat përkatëse mund të përdoret algoritmi i kërkimit A*, për gjindjen e rrugës më të shkurtë tek destinacioni. Qytetet (nyjet) e vizituara hap pas hapi janë të paraqitura në figurën 6 dhe rruga më e shkurtë është e paraqitur në figurën 7.

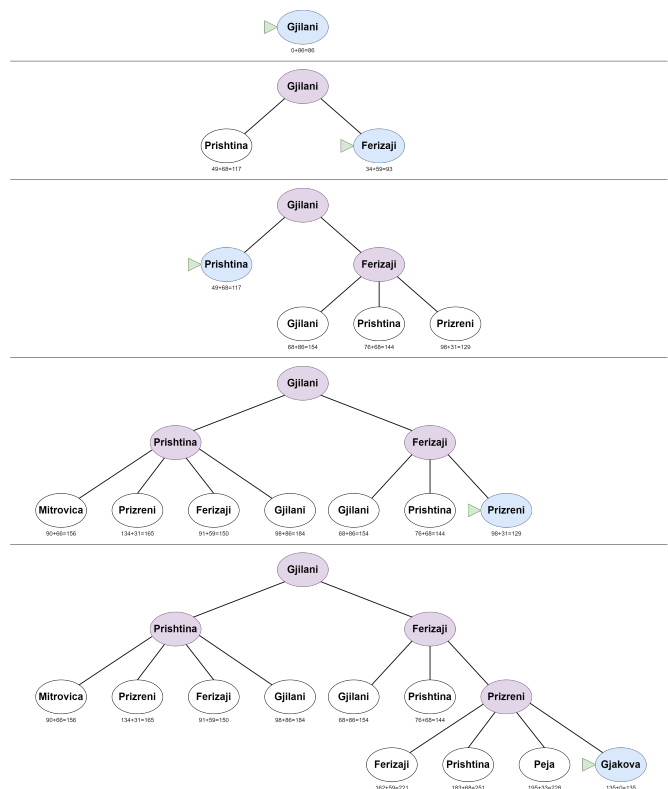


Fig. 6. Vizitimi i nyjeve hap pas hapi nga algoritmi A*.

Implementimi i algoritmit A* dhe i këtij shembulli mund të gjindet tek <https://github.com/Neti-G/A-Star>.

IV. Konkluzioni

Si përmbledhje, algoritmi i kërkimit A* është një algoritm kërkimi i fuqishëm dhe i përdorur gjerësisht në inteligjencën artificiale, i cili është veçanërisht i përshtatshëm për gjetjen e shtigjeve

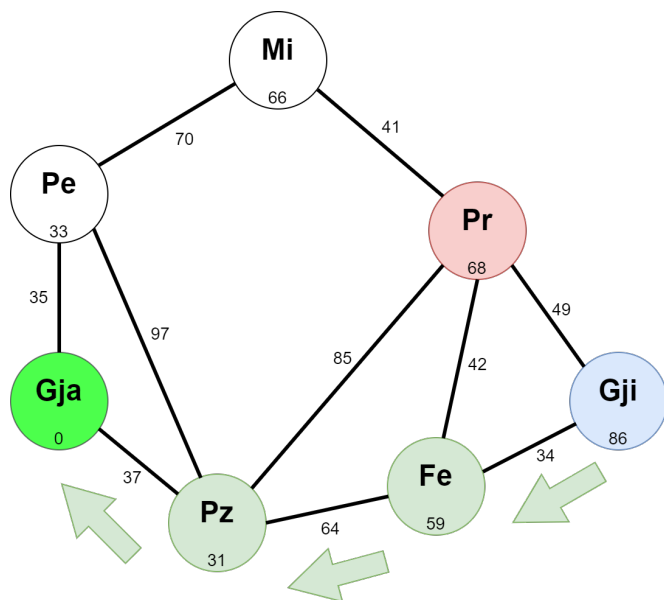


Fig. 7. Rruga më e shkurtë nga Gjilani tek Gjakova.

optimale përmes hapësirave komplekse të kërkimit. Duke përdorur heuristikën për të udhëhequr kërkimin e tij, algoritmi është në gjendje të eksplorojë hapësirën e kërkimit në mënyrë më efikase se algoritmet e tjera të kërkimit. Për më tepër, kur funksioni heuristik është i pranueshëm dhe konsistent, algoritmi i kërkimit A* garantohej të gjejë shtegun më të shkurtër midis një së fillimit dhe një së qëllimit. Megjithatë, gjetja e një funksioni të mirë heuristik mund të jetë sfidues dhe mund të kërkojë përpjekje të konsiderueshme dhe njohuri të fushës. Megjithatë, garancitë e efikasitetit dhe optimalitetit të algoritmit e bëjnë atë një algoritëm ideal për një gamë të gjerë problemesh kërkimi. Me ndihmën e përparimeve të fundit në mësimin e makinerive, algoritmi i kërkimit A* pritet të vazhdojë të jetë një mjet i vlefshëm për zgjidhjen e një game të gjerë problemesh në inteligjencën artificiale dhe më gjerë.