

**САВРЕМЕНИ ПРОГРАМСКИ АЛАТИ ЗА ОПТИМИЗАЦИЈУ И АНАЛИЗУ
ДОСТАВНЕ МРЕЖЕ****MODERN SOFTWARE TOOLS FOR OPTIMIZATION AND ANALYSIS OF THE
DELIVERY NETWORK**Дијана Демоњић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – САОБРАЋАЈНО ИНЖЕЊЕРСТВО**

Кратки садржај – У мастер раду приказана је примјена програма QGIS-а. Овај програм примјењен је за анализу доставних подручја изабраних компанија које се баве доставом пошљака. Такође, представљене су најкраће и најбрже руте кретања корисника до одређених компанија.

Кључне речи: анализа, оптимизација, доставно подручје.

Abstract - The master's thesis presents the application of the QGIS program. This program was used to analyze the delivery areas of selected companies that deliver parcels. Also, the shortest and fastest routes for users to certain companies are presented.

Keywords: analysis, optimization, delivery area.

1. УВОД

У савременом свијету, ефикасан систем доставе је од пресудног значаја за економски развој и одрживост. Управљање транспортом обухвата бројне активности усмјерене на побољшање кретања људи и робе, с циљем повећања продуктивности и смањења трошкова.

Овај рад се бави истраживањем метода оптимизације које се користе у достави како би се постигла већа ефикасност и смањено негативан утицај на околину. Посебан акценат је стављен на примјену Географских информационих система (ГИС), а нарочито програма QGIS, у анализи и планирању доставних рута.

У раду су обрађене теме као што су:

- значај и врсте транспорта,
- критеријуми за избор транспорта и различити транспортни модели,
- оптимизационе методе попут проблема кинеског поштарара и трговачког путника,
- основни појмови и компонента ГИС-а, као и врсте података које се користе у том систему.

У завршном дијелу рада презентовано је практично истраживање које обухвата употребу QGIS-а у анализи доставних подручја једног предузећа.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији је ментор био доц. др. Ђорђевић Дупљанин.

**2. ТРАНСПОРТНИ СИСТЕМ И УПРАВЉАЊЕ
ТРАНСПОРТОМ**

Ријеч „транспорт“ потиче од латинске ријечи „транспортус“, што значи пренос људи и робе. Транспорт укључује сва превозна средства, инфраструктуру и системе који омогућавају несметано кретање путника и терета. Основна транспортна средства су друмска (аутомобили, приколице), жељезничка (локомотиве, вагони), водна (бродови) и ваздушна (авиони).

Транспорт троши значајне количине енергије и материјала, па је развој транспорта један од показатеља укупног развоја земље.

Транспорт има више врста значаја:

- Економски: подстиче производњу и развој привреде.
- Политички: користи се у рјешавању криза и реализацији циљева.
- Социолошки: отвара радна мјеста, побољшава животни стандард.
- Културолошки: омогућава упознавање различитих култура кроз путовања и туризам.

Три основне функције су:

- Утовар (припрема возила и документације),
- Превоз (најважнији дио, захтијева пажљиво планирање),
- Истовар (испорука и документација).

Историјски развој транспорта почиње са точком и вучом, а технолошки напредак као што су парна машина и електровуча значајно су убрзали и проширили транспортне могућности.

Врсте транспорта:

- Спољни транспорт: од добављача до купца.
- Унутрашњи транспорт: унутар производног предузећа.

Избор зависи од спољашњих утицаја као што су инфраструктура, тарифе, царине, путарине и трошкови паркирања.

Трошкови: трошкови превоза, руковања и логистике. Критеријуми учинка: вријеме, фреквенција, сигурност, флексибилност и техничка погодност.

Постоје различите врсте:

- Друмски, жељезнички, водни, ваздушни, цјевоводни и комбиновани транспорт.

Могу бити:

- Јавни или сопствени,
- Линијски или слободни,

- Локални, удаљени, унутрашњи или међународни.

Избор зависи од трошкова, удаљености, врсте робе и брзине.

Друмски превоз је најчешћи облик превоза, чак и у слабо развијеним регионима. Погодан је за испоруке од „врата до врата“. Подијељен је на:

- Радна возила (багери, дизалице),
- Теретна возила (камиони, приколице).

Предности: брзина, ниски терминални трошкови, доступност, добра поузданост.

Недостаци: велика потрошња горива, осјетљивост на вријеме, виши трошкови на дужим рутама.

3. ОПТИМИЗАЦИОНЕ МЕТОДЕ У ТРАНСПОРТУ

Проблем кинеског поштар се односи на задатак достављања поште тако да поштар прође сваком улицом у свом делу града бар једном, али да при томе пређе што мање пута и на крају се врати на почетну локацију. Ово је пример оптимизације руте која треба да минимизира укупну удаљеност или време проласка.

Ако је градска мрежа у облику посебног графа, названог Ојлеров граф, постоји тура која иде сваком улицом тачно једном, и проблем је једноставан. Ако није, поштар мора поновно пролазити неке улице, а решавање проблема се базира на додавању додатних тура како би граф постао „ојлерован“, што омогућава проналажење најкраће руте која обухвата све улице.

Овај модел се користи и за друге сврхе, као што су прикупљање отпада, превоз ђака и слично.

Проблем трговачког путника (ТСП)

Проблем трговачког путника је задатак да трговачки путник посети одређени број градова, сваки тачно једном, и врати се у почетни град, тако да је укупан пут што краћи. Ово је сложен проблем из области комбинаторне оптимизације и има много варијација:

- Симетрични ТСП (сТСП): Удаљеност између два града је иста у оба правца.
- Асиметрични ТСП (аТСП): Удаљеност зависи од правца кретања.
- Мултипле ТСП (мТСП): Више трговачких путника креће из истог места и деле градове између себе.

Решења проблема ТСП захтевају или проналажење најкраће руте прегледом свих могућности (што је изузетно споро за велики број градова) или употребу бржих приближних метода, као што су:

- Метода најближег суседа: Увек се иде у најближи непосећени град.
- Постепено се гради тура додавањем најкраћих могућих путева.
- Оптимизација колоније мрава: Имитација понашања мрава који остављају феромоне и

4. ГЕОГРАФСКИ ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМ

Географски информациони систем је компјутерски информациони систем који прикупља, складишти,

анализира и приказује просторне ентитете и њихове атрибуте и користи се за рјешавање сложених истраживачких, пројектантских проблема као и проблема управљања. Постоји више дефиниција ГИС-а, а неке од њих су:

- ГИС је моћан скуп средстава за прикупљање, меморисање, претраживање по потреби, трансформације и приказивање просторних података из стварног свијета (Бурроугх, 1986);
- ГИС је систем за прикупљање, меморисање, провјеру, руковање, анализу и приказивање података који су просторно везани за Земљу (Department of Environment, 1987);
- ГИС је информациона технологија која меморише, анализира и приказује како просторне тако и непросторне податке (Паркер, 1988).

Наведене дефиниције спадају у прву групу која описује ГИС као средство/алат/ за рад.

4.1. Хардверска основа ГИС-а

Главне хардверске компоненте су: рачунар, меморијски уређај, скенери, дигитајзери, плотери, штампачи и рачунарске мреже.

Рачунари користе хард диск за чување података и програма, а додатна меморија може се обезбиједити преко мреже или спољашњих уређаја као што су ЦД/ДВД.

Дигитајзери и скенери служе за претварање папирних докумената у дигитални облик – дигитајзер снима координате са карте, а скенер прави дигиталне слике које се касније могу претворити у векторске податке за ГИС.

Плотер је уређај који црта техничке приказе у великом формату и служи за штампање ГИС података. Постоје равноплочасти и ротацијски плотери.

Модерни штампачи користе млазнице за наношење боје на папир као одговор на сигнале из софтвера.

Електронске мреже омогућавају повезивање рачунара путем оптичких или телефонских линија.

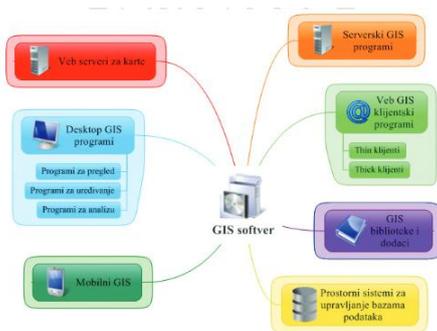
4.2. Софтверска ГИС архитектура

Географски информациони систем садржи модуле за унос података, паковање и креирање база података који служе за анализу и приказивање просторних података и због тога је неопходно постојање софтверске архитектуре. Софтверска архитектура омогућава креирање модула и мора да буде усклађена са главним функцијама ГИС-а. [6]

Постоје различити типови ГИС програма и они се разликују на основу њихових функционалности.

4.3. Кадровска основа ГИС-а

За оптималан развој и примјену ГИС-а неопходно је да корисници посједују одређени ниво образовања. Посједовање ГИС знања потребно да би се користиле расположиве апликације, а и да би се развијале нове. Ово је разлог што је образовање специјалиста у области ГИС-а дио образовних програма у великом броју земаља Америке и Европе које су прихватиле ГИС технологије и достигле значајан степен развоја.



Слика 1. *Tun GIS софтвера (Steiniger, Weibel, 2009)*

У САД-у за ову научну област установљени су студијски програми на 232 универзитета, у Њемачкој на 82, Канади 58 итд. Образовани кадар креира ГИС пакете, бави се анализама у окружењу уз посједовање општих знања о процесима, појавама и објектима. ГИС пројекти могу да буду реализовани тако да у њима учествује само један корисник одговоран за дизајн спровођење и излазне податке, до великих међународних удружених система гдје постоји читав тим људи који сарађују путем ГИС-а.

4.4. Структура просторних података

Подаци су кодоване информације које настају када се нешто забиљежи, било као бројеви, текст, звуци, слике или симболи. Они су често неутрални и без контекста.

- Алфанумерички подаци комбинују слова и бројеве и служе за описивање догађаја.
- Текстуални подаци користе се у писаној и усменој комуникацији.
- Сливовни подаци су графички облици и фотографије.
- Звучни подаци обухватају говор и остале звуке.

Сви ти подаци чувају се у базама података, при чему количина зависи од потреба конкретне апликације.

Географски подаци описују површину Земље и њене особине. Данас се не користе само у науци, већ и у свакодневним апликацијама.

- Просторни подаци су основа сваког ГИС система. Они су везани за тачну локацију на Земљи и дефинисани су координатама, мјерним јединицама и картографском пројекцијом.
- Код визуелизације, просторни подаци имају размјеру као и папирне карте.

Врсте географских података у ГИС-у:

- Растерски подаци
- Векторски подаци
- Алфанумерички подаци
- Дигитални модел висина

4.5. Области примјене ГИС-а

Основне употребе ГИС-а су:

- Картирање,
- Мјерење,
- Надгледање,
- Моделирање и
- Управљање (менаџмент).

ГИС се најчешће користи за посматрање и моделирање природног и вјештачког окружења.

Најважније области примјене:

- Јавна управа и владине институције,
- Пословно и услужно планирање,
- Логистика и транспорт,
- Заштита животне средине.

5. Примјена програма у анализи сервисних зона објеката поште и брзе поште

QGIS је бесплатан и отворени софтвер за географске информационе системе (ГИС) који омогућава рад са просторним подацима — и векторским (тачке, линије, полигони) и растерским (слике различитих формата са могућношћу геореференцирања). QGIS је вишеплатформски и активно га одржавају добровољни програмери од 2017. године.

- Визуелизацију података о саобраћају (густина, дужина путовања, места незгода),
- Анализу утицаја нових пројеката на животну средину (бука, загађење, промјене земљишта),
- Управљање хитним случајевима (планирање евакуације, најбрже руте за хитну помоћ).

Плугин-ови су софтверски додаци који проширују могућности основног програма. Они додају нове функције које нису биле укључене при креирању софтвера и прилагођавају га потребама корисника. Примери познатих додатака су Јава и Adobe Flash Player.

QGIS подржава многе плугине, међу којима су:

- OpenLayers Plugin: додаје мапе са Интернета као што су Google Maps и OpenStreetMap,
- MMQGIS: алати за управљање подацима, геокодирање, анализу и визуелизацију,
- Processing: интегрише алате и алгоритме из других ГИС библиотека за анализу података,
- TimeManager: омогућава приказ података који се мењају током времена,
- ORS Tools: користи OpenRouteService за анализу везану за просторно планирање и транспорт.

6. Примена QGIS-а у анализи доставне мреже компанија

У овом раду приказана је примена QGIS-а у анализи доставне мреже на примеру две компаније: Пошта Србије (компанија 1) и Ананас експрес (компанија 2), на територији града Новог Сада. Циљ је био испитати ефикасност кретања корисника (нпр. достављача, курира) до пословница ових компанија користећи

различите видове транспорта – аутомобил, бицикл и пешачење.

У старту је коришћена OpenStreetMap карта, у коју су унете тачне локације свих објеката обе компаније. Уз помоћ QGIS плугина **ORS Tools** генерисане су најкраће и најбрже руте до сваке локације, а резултати приказани кроз мапе, табеле и графиконе.

Табела 1. Резултати компаније 1 (Пошта Србије)

VID KRETANJA	NAJBRŽA RUTA (km/H)	NAJKRAĆA RUTA (km/H)
AUTOMOBIL	42,31 km / 1,62 h	39,80 km / 1,51 h
PJEŠICE	32,64 km / 6,52 h	31,90 km / 6,38 h
BICIKL	39,20 km / 2,06 h	32,89 km / 3,73 h

Табела 2. Резултати компаније 2 (Ананас)

VID KRETANJA	NAJBRŽA RUTA (km/H)	NAJKRAĆA RUTA (km/H)
AUTOMOBIL	23,65 km / 0,84 h	23,02 km / 0,92 h
PJEŠICE	20,83 km / 4,17 h	20,69 km / 4,14 h
BICIKL	24,48 km / 1,23 h	20,98 km / 2,21 h

Како компанија 2 има мањи број локација у Новом Саду, резултати показују краће руте и мање потребно време у поређењу са компанијом 1. Ови резултати указују на значај просторне расподеле објеката у планирању логистичке мреже.

Анализа доступности (TravelTime и полигонске зоне)

Помоћу **TravelTime** плугина анализирана је и **доступност локација у временским интервалима** од 5, 10 и 15 минута. Полигонске зоне указују на подручја до којих корисник може доћи у датом времену. Унутар ових полигона израчуната је и укупна популација која има приступ услугама, што је кључно за урбано планирање.

Примењени су и **просторни модели доступности унутар растојања** од 1000, 2000 и 3000 метара, при чему је за сваки вид транспорта дефинисан број доступних објеката унутар тих зона.

Матрични алгоритам

Употребом **ORS Tools** омогућено је креирање **матрице растојања и времена путовања** од корисника до сваке локације обе компаније. Такав приступ омогућава поређење више сценарија и доношење одлука у реалном планирању руте. Резултати су представљени у облику атрибутних табела за сваки вид транспорта и сваку компанију.

7. ЗАКЉУЧАК

QGIS се показао као изузетно моћна алатка у анализи и визуелизацији доставних мрежа. Комбинацијом различитих плугинова, као што су **ORS Tools** и **TravelTime**, могуће је добити детаљне увиде у оптималне руте, просторну покривеност и приступачност услуга. Овакав приступ има широк спектар примене – од логистике и саобраћаја до планирања јавних услуга и инфраструктуре.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Душан Регодић – Логистика, Београд 2010.
- [2] Душан Регодић - Логистика, ланци снабдевања, Београд 2014.
- [3] Оптимизација прометних процеса, Тончи Царић, Загреб, 2014.
- [4] Милица Сурчински - Анализа транспортне мреже применом програмских алата, мастер рад, Нови Сад, 2023.
- [5] Велга Босанчић, Анка Големац, Тања Војковић - Како помоћи трговачком путнику, Осјечки математички лист, 2012.
- [6] Верка Јовановић, Бранислав Ђурђев, Зоран Срдић, Угљеша Станков – Географски информациони систем, Београд 2012.
- [7] Burrough, P. A. (1986). Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Oxford: Oxford University Press.
- [8] Department of Environment. (1987). Handling Geographic Information. London; HMSO
- [9] Parker, H. D. (1988). The Unique Qualities of a Geographic Information System: a Commentary.
- [10] Smith, T. R., Mannon, S., Starr, I. L. & Estes, J. E. (1987). Requirements and Principles for the Implementation and Construction of Large-scale Geographic Information Systems. International Journal of Geographical Information Systems.
- [11] Aronoff, S. (1989). Geographic Information Systems: A Management Perspective. Ottawa
- [12] Ozemoy, V. M., Smith, D.R., & Sichertman, A. (1981). Evaluating Computerized Geographic Information Systems Using Decision Analysis. Interfaces.
- [13] Carter, I. R. (1989). On Defining the Geographic Information System. U W.J. Ripple (ed.). Fundamentals of Geographic Information Systems.
- [14] Burrough, P. A. & McDonnell, R. A. (2006). Principi geografskih informacionih sistema. Beograd: Univerziteta u Beogradu, Geografski fakultet.
- [15] Steiniger, S., & Weibel, R. (2009). GIS Software - A description in 1000 words. URL: http://www.geo.unizh.ch/publications/sstein/gissoftware_steiniger2008.pdf.
- [16] Longley, P., Goodchild, M., Maguire, D., & Rhind, D. (2005). Geographical information systems and science. Chichester: John Wiley & Sons.
- [17] Јовановић, В. Митровић, С. (2007). Пословни (мастер) план туристичке дестинације Златибор-Златар, Универзитет Сингидунум факултет за туристички и хотелијерски менаџмент, Београд.

Кратка биографија:



Дијана Демонић рођена је у Франкфурту 1997. год. Завршила је Поштански саобраћај и телекомуникације на Факултету техничких наука у Новом Саду 2020. год. Контакт: dijana_demonjic@hotmail.co