



УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“

ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ – БИТОЛА

ОТСЕК ЗА ИНФОРМАТИКА И КОМПЈУТЕРСКА ТЕХНИКА



БАСРИ АХМЕДИ

**РАЗВОЈ НА МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ПЛАНИРАЊЕ
И МОДЕЛИРАЊЕ НА ТРОШОЦИ
ЗА ДИЗАЈНИРАЊЕ НА WAN-МРЕЖА**

- ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА -

БИТОЛА, 2014

УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“

ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ – БИТОЛА

ОТСЕК ЗА ИНФОРМАТИКА И КОМПЈУТЕРСКА ТЕХНИКА

БАСРИ АХМЕДИ

**РАЗВОЈ НА МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ПЛАНИРАЊЕ
И МОДЕЛИРАЊЕ НА ТРОШОЦИ
ЗА ДИЗАЈНИРАЊЕ НА WAN-МРЕЖА**

- ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА -

ЧЛЕНОВИ НА КОМИСИЈАТА ЗА ОЦЕНКА И ОДБРАНА НА ДОКТОРСКАТА
ДИСЕРТАЦИЈА:

1. РЕД. ПРОФ. Д-Р ПЕЦЕ МИТРЕВСКИ, УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“, ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ –БИТОЛА, МЕНТОР
2. ВОНР. ПРОФ. Д-Р ИЛИЈА ЈОЛЕВСКИ, УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“, ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ –БИТОЛА, ЧЛЕН
3. ВОНР. ПРОФ. Д-Р БЕКИМ ФЕТАЈИ, ФАКУЛТЕТ ЗА СОВРЕМЕНИ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ, УНИВЕРЗИТЕТ НА ЈУГОИСТОЧНА ЕВРОПА – ТЕТОВО
4. ДОЦ. Д-Р ЗОРАН КОТЕВСКИ, УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“, ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ –БИТОЛА, ЧЛЕН
5. ДОЦ. Д-Р ТОМЕ ДИМОВСКИ, УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“, ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ –БИТОЛА, ЧЛЕН

На моите родители, Ҷулназе и Халид Аҳмеди

БЛАГОДАРНОСТ

На мојот почитуван ментор, проф. д-р Пеце Митревски, му изразувам длабока и трајна благодарност, за неговото водство, коректниот однос, поддршката и за несебичната помош во сите фази од работата врз дисертацијата. Ова за мене претставува голема чест, трајно сеќавање и непроценливо искуство.

Благодарност и за професорите проф. д-р Беким Фетаји, доц. д-р Томе Димовски и доц. д-р Зоран Котевски за поддршката и корисните совети.

Благодарност и за мојата фамилија за моралната поддршка и постојаното охрабрување во текот на целокупното мое образование.

На крај, изразувам огромна благодарност на сопругата Лумка и на моите деца, Бета и Цими, за поддршката и за трпеливоста во сите овие години.

АПСТРАКТ

Историски, развојот на технологијата во 18. и 19. век се смета како развој на големите механички системи придружен со Индустриската револуција. Последниве два века технологиите се развиени во насока на собирање информации, нивно процесирање и дистрибуција. Во оваа насока се развиени технологии во областите телефонија, изум на радио и телевизија, раѓање на компјутерската индустрија и на комуникациските системи. Како резултат на брзиот развој на сите овие технологии дистрибуциите на податоци имаат унифициран изглед независно од тоа во која технологија се применуваат.

Како што растат способностите за собирање, процесирање и за дистрибуција на информациите, уште повеќе расте потребата за пософистицирано процесирање на информациите. Денес ова е невозможно да се направи без креирање и без употреба на компјутерска мрежа.

Пред да се појават персоналните компјутери, миникомпјутерите беа централизирани, така што централниот компјутер ги меморира и ги обработува податоците, а терминалите само читаат и внесуваат податоци. Ова на еден начин претставуваше еден вид компјутерска мрежа.

Со појавата на персоналниот компјутери во текот на осумдесеттите години, корисниците на овие компјутери се самостојни, па и не може да соработуваат меѓу себе и да делат ресурси. Оттука се појавува потребата и почнуваат да се развиваат хардвер и софтвер технологии за меѓусебно електронско поврзување на РС, а тоа е компјутерска мрежа. Развојот на хардверскиот и софтверскиот дел на една мрежа продолжува и денес.

За креирање компјутерска мрежа се користат различни медиуми за поврзување и разни уреди со различен капацитет и по различни цени. Не постои една методологија за планирање и за моделирање на една компјутерска мрежа во еден регион. Таа методологија треба да опфаќа два параметра: а) мрежата која се дизајнира треба да ги исполнува потребите на клиентите за кои се креира и б) цената на мрежата да биде во границата на оптимумот. За да се дизајнира една таква соодветна WAN мрежа во еден регион и да ги поседува овие две особини не е едноставна работа, па затоа оваа проблематика сè уште е предмет на научните кругови.

Најважните фази во процесот на дизајнирањето на компјутерската мрежа во поширокиот географски регион вклучуваат: дефиниција на комплетни барања, тополошки опис на графот, идентификација и пресметка на релевантни параметри (т.е. матрица на сообраќај), утврдување на најкратката патека меѓу јазлите, квантификација на ефектот на различни нивоа на техничко-технолошкиот развој на урбаните области кои се вклучени, трошоците на технологијата и цената на услугите.

Во овој труд, ние тврдиме дека вредностите на овие параметри се разликуваат за WAN-мрежи во различни региони, бидејќи нивната пресметка директно зависи од податоците „на теренот“, и тие се: број на жители (вид на домаќинства), растојанието меѓу населените места, мрежниот сообраќај (густина), како и пропусниот опсег (bandwidth) на располагање. Интеракциите меѓу поединци и групи на корисници играат значајна улога и мора да бидат земени предвид преку едноставни или композитни индикатори на социоекономскиот статус. Предлагаме внесување композитен социоекономски индикатор (SEI) во моделирањето трошоци кај мрежа на пошироко географско подрачје, како линеарна сума од производи од тежини и неколку мерки на социоекономскиот статус или на степенот на образование. Главната причина за идентификација и оценка на овие параметри е да се развие модел кој може да одговори на ограничувањата наметнати од потенцијалните корисници.

Клучни зборови: WAN, матрица на сообраќај, социоекономски индикатори, најкратка патека, густина на мрежен сообраќај, пропусен опсег.

ABSTRACT

Historically, the development of technology in the 18th and 19th centuries is considered as development of the great mechanical systems accompanied by the Industrial Revolution. The last two centuries, technologies have been developed in terms of information gathering, processing and distributing. In this direction are developed technologies in the areas of telephony, the invention of radio and television, the birth of the computer industry and communication systems. As a result of the rapid development of these technologies it has been achieved the unified look of the data distributions independently in which technology they are applied.

As the capabilities of collecting, processing and distributing of information grow, the need for more sophisticated information processing grows. Nowadays, it is impossible to do this without creating and using a computer network.

Prior to occur PCs, minicomputers were centralized so that the central computer stores and processes the data and the terminals just read and enter data. This in a way was a sort of computer network.

With the advent of personal computers in the eighties, now users of these computers are standalone so they could not cooperate and share resources. Hence the need arises and begins to develop hardware and software technologies for each electronic connection to PC, which is a computer network. The development of the hardware and software part of a network continues today.

To create a computer network there are used different media for connecting and different devices with different capacity and different prices. There isn't a methodology for planning and modeling a computer network in a region. This methodology should bear in mind two parameters: a) the network that is designed should meet the needs of customers, and b) the cost of the network needs to be in the limits of the optimum. To design such a proper WAN in one region and possess these two properties is not a simple thing so this issue is still the subject of scientific circles.

The most important stages in the process of designing a computer network in the wider geographical region include: definition of complete requirements, topological graph description, identification and calculation of relevant parameters

(ie traffic matrix), determining the shortest path between nodes, quantification of the effect in different levels of technological development of urban areas that are involved, the cost of technology, service and price.

In this dissertation, we argue that the values of these parameters differ for WAN networks in different regions, because their calculation depends directly on the data "on the ground" and they are: population (household type), the distance between settlements, network traffic density and the bandwidth that is available. Interactions between individuals and groups of users play an important role and must be taken into account by simple or composite indicators of socioeconomic status. We suggest entering a composite socioeconomic indicator (SEI) in modeling the costs of a network in a wider geographic area, such as linear sum of products of weights and several measures of socioeconomic status or level of education. The main reason for the identification and evaluation of these parameters is to develop a model that can meet the constraints imposed by potential users.

Keywords: WAN, traffic matrix, socioeconomic indicators (SEI), shortest path algorithm, network traffic density, bandwidth.

АПСТРАКТ.....	1
1 ВОВЕД.....	7
1.1 Мотивација, предмет и цел на истражувањето	7
1.2 Дефиниција на WAN	8
1.3 Ефикасна конструкција на WAN.....	9
1.4 Преглед на литература	10
1.5 Објавени трудови поврзани со истражувањето	16
1.6 Организација на докторската дисертација	17
2 ПЛАНИРАЊЕ И МОДЕЛИРАЊЕ ТРОШОЦИ ЗА ДИЗАЈНИРАЊЕ	
WAN-МРЕЖИ – ПРИНЦИПИ И ПАРАДИГМИ	19
2.1 Апликативни барања	19
2.1.1 Интернет	20
2.1.2 Трансакциски процеси	20
2.1.3 Видео или звук во реално време	21
2.2 Матрица на сообраќајот	22
2.3 Случај на WAN во Македонија	22
2.3.1 Опишување на Network Service Area	22
2.3.2 Карта на линкови и гранки	22
2.3.3 Пресметување на сообраќајот	25
2.3.4 Анализа на сообраќајот	26
3 КОМПОЗИТНИ СОЦИОЕКОНОМСКИ ИНДИКАТОРИ И РАЗВОЈ НА	
МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ПЛАНИРАЊЕ WAN-МРЕЖА	31
3.1 Социоекономски индикатор SEI	31
4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА	
МОЌ	35
4.1 Алгоритми за наоѓање на најкраток пат (Short Path).....	36
4.2 Алгоритам Дајкстра.....	37
4.3 Алгоритамот Флојд-Воршал (Floyd-Warshal)	55
4.4 Опишување на алгоритамот Флојд-Воршал	56
4.5 Псевдокодот на алгоритамот Флојд-Воршал.....	75
4.6 Код на алгоритамот на Флојд-Воршал во прогамски јазик C++.....	76
4.6.1 Пресметување на оптеретување(Erlang) меѓу јазлите на мрежата	80
4.6.2 Пресметување на пропусниот опсег(Bandwidth) меѓу јазлите на	
мрежата.....	83
5 ТЕЛЕКОМИНИКАЦИСКИ ТЕХНОЛОГИИ И МОДЕЛИРАЊЕ НА	
ТРОШОЦИТЕ ЗА ДИЗАЈНИРАЊЕ WAN-МРЕЖА	86
5.1 Историски развој на разни телекомуникациски технологии.....	86
5.2 Цени на различните технологии.....	94

5.3	Моделирање на трошоците за WAN на случај: Република Македонија ..	98
6	ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА: студија на случај	101
6.1	Пресметување на сообраќајот за мрежата за безжично поврзување на државните универзитети во Македонија.....	101
6.2	Планирање и пресметка на капацитетот на сообраќајот на еден интернет провајдер (ISP) од Гостивар	106
7	ЗАКЛУЧНИ СОГЛЕДУВАЊА.....	110
7.1	Резиме	110
7.2	Насоки за понатамошни истражувања.....	113
	ЛИТЕРАТУРА	116

Глава 1

1 ВОВЕД

Содржина

<u>1 ВОВЕД</u>	7
<u>1.1</u> <u>Мотивација, предмет и цел на истражувањето</u>	7
<u>1.2</u> <u>Дефиниција на WAN</u>	8
<u>1.3</u> <u>Ефикасна конструкција на WAN</u>	9
<u>1.4</u> <u>Преглед на литература</u>	10
<u>1.5</u> <u>Објавени трудови поврзани со истражувањето</u>	16
<u>1.6</u> <u>Организација на докторската дисертација</u>	17

Во оваа глава е даден вовед во проблематиката на истражувањето. Елаборирани се мотивите за отпочнување на едно вакво истражување, предметот и целта на истражувањето. Дадена е кратка дефиниција за компјутерска мрежа WAN и покренато е прашањето која мрежа се смета за ефикасна и исплатлива. Наведено е кратко опишување на неколку трудови кои имаат блиски точки со оваа тема. На крајот дадена е организацијата на докторската дисертација.

1.1 Мотивација, предмет и цел на истражувањето

Во една регионална WAN-мрежа, сообраќајот меѓу јазлите на графот кој претставува карта на таа мрежа не е ист. И релјефот на еден регион не е ист. Од разни градови имаме различен број корисници на мрежата. Ова е еден комплексен проблем. Користењето WAN-мрежи, односно интернет во разни периоди со варијабилен број корисници е битен податок за понатамошно планирање и моделирање соодветна регионална мрежа која ќе биде ефикасна и со минимални цени. Потребно е бројот на корисници во мрежата да биде предвидлив. Може да се употребуваат алгоритми за оваа цел. Матрицата на сообраќајот може да се структурира така што ќе претставува квантитативна средина на сообраќајот во мрежата. Алтернативно, таа може да презентира количина на сообраќај меѓу јазлите на графот.

Имајќи го предвид погоре изнесениот проблем, предмет на истражување на оваа докторска дисертација може да се дефинира како: истражување нова

методологија применлива во специфични региони приспособени на конкретни услови за оптимизација на цена на WAN-мрежи.

1.2 Дефиниција на WAN

WAN (Wide Area Network) е компјутерска мрежа која опфаќа група на LAN-мрежи што се администрираат посебно и имаат различна технологија. WAN може да претставува и збир на други помали WAN-мрежи. Ако се осврнеме на историјатот на развитокот на хардверскиот и софтверскиот дел WAN, ќе видиме дека овој тренд на развојот продолжува. Дури може да се каже и со зголемено темпо. Ова се должи на тоа што денеска WAN претставува вистинска потреба за сериозните компании. Технологиите WAN генерално функционираат на трите најниски нивоа на OSI (Open System Interconnection) модел, и тоа: *физичкото ниво*, *податочното ниво* и *мрежното ниво*. Транспортното, сесиското, презентациското и апликациското ниво на овој модел не се опфатени. Со други зборови, регионална мрежа WAN претставува инфраструктура преку која се вршат од најобичните сервиси, па сè до најсериозни операции како што се монетарните трансакции. Ефективно, брзо и сигурно комуницирање се фундамент за успех во денешно време. Интернетот како глобална мрежа искористен преку WAN докажал дека е ефикасен и силен во смисла на конструирање системи за пренос на податоци. Во најчестите случаи преку интернет се врши најважен пренос на податоци, се разбира користејќи инфраструктура како што се локални и регионални мрежи. Постојат уште причини зошто се користат, се развиваат и се уште се предмет на научните кругови во светот како што се: голема база на постојни апликации, пристап на овие апликации од сите големи компјутерски платформи, брза промена на цена, мал ризик во смисла да излегување од употреба, способност за пренос на разни и моќни меди и други. Зошто не е толку лесно да се направи една Internetwork WAN мрежа? Постојат многу причини, но најглавни се следниве:

- Нема дефиниран процес кој конкретно го покажува патот од концептот до имплементација на Internetwork WAN.
- Знаењето што е потребно за добро извршена работа или е поделено на многу организации или не е во дофат на дизајнерскиот тим.

- Бројот на алтернативни техники и преносливи технологии за дизајнерот многу е голем.

1.3 Ефикасна конструкција на WAN

Дизајнерот на WAN е должен да поседува солидно знаење за технологиите што ќе ги имплементира во процесот на изградба на WAN, за нивните перформанси, цената и начинот за поврзување. Исто така, треба да се има предвид и колку ќе биде товарот на сообраќајот во мрежата и далечината на преносот на податоците. Мора да се зема предвид барањата што се потребни за апликативните сервиси како што се: интернет-сервиси, трансакциски процеси, звучни или видеоапликации (Real-time voice or video). IP протоколите се употребуваат денес во WAN. Меѓутоа, интернет-протоколите не ја претставуваат количината на податоците која се пренесува низ мрежата WAN. Фундаментално прашање кое се поставува е следново: Како да се пресметува квантитативно сообраќајот во овие регионални мрежи. Во случај на динамични мрежи кога се појавуваат нови јазли и кога исчезнуваат старите јазли се појавува проблем, а тоа е како да се најде најкраток пат во новата ситуација. Проблемот за наоѓање најкраток пат (Short Path) се аплицира и за други мрежи како што се: патни, воздушни, електрични и други. За квантитативна анализа на сообраќајот за WAN-мрежи може да се користи алгоритам за одредување најкраток пат меѓу сите парови на јазлите на графот. Мрежата се претставува како граф.

Поаѓајќи токму од оваа проблематика, природно се наметнува потребата за дефинирање рамка за анализа на сообраќајот на еден концептуален модел на WAN во еден географски регион. Преку анализата на перформансите на еден таков модел во целина би се одредил и степенот на системот да извршува корисна работа со минимални трошоци.

Во таа насока е и оваа докторска дисертација, со која се дава директен придонес кон пополнувањето на една битна празнина во областа на планирањето и моделирањето WAN, преку темелно спроведување на опсежно научно истражување во правец на **развој на нова методологија за планирање на трошоците за дизајн на WAN мрежи, базирајќи се на бројни услови во Република Македонија**. Вака дефинираната област, иако е од огромно значење, е недоволно истражувана во светот, а со оглед на фактот што кај нас воопшто не е истражувана, природно се наметнува како актуелна и погодна за реализација на

научни истражувања во подрачјето на техничките науки, посебно во подрачјето на компјутерската техника и информатиката.

1.4 Преглед на литература

Мноштво трудови се фокусираат на индивидуалните компоненти од процесот на планирање на комуникациската мрежа. Забележани се неколку теми кои се повторуваат [9]: (i) пресметките на интернет-сообраќајот треба постојано да се рекалибрираат; (ii) анализата и моделирањето на податоците овозможуваат процена и предвидување на инаку немерливи величини; и (iii) квалитетот на влезните податоци и добиените предвидувања се променливи, што може да има последици по однос на типот на планирање што може да се примени.

Во определени географски региони и во определено време сообраќајот на компјутерските мрежи е варијабилен [10,11]. Матрицата на сообраќајот ја опишува картата на сообраќајот од една локација во мрежата кон сите други локации. Таа матрица може да се структурира така што ќе презентира средна вредност на количината на сообраќајот меѓу сите локации како јазли на мрежата.

Истражувањето на Al-Wakeel [9] е насочено кон дизајнот на анализата и цената на WAN. Тој се фокусира на економските карактеристики на различни мрежни технологии и разни опции на услуги, ги оценува условите во кои секоја од овие технологии е оптимална. Од врвот надолу, чекор по чекор, е развиен квантитативен процес со бизнис-ориентирана цена како модели за мрежен дизајн, со цел да се развиваат планирањето и моделирањето на WAN, како мрежа која е рентабилна за една голема организација. Преку трудот се настојува да се постигне главната цел, а тоа е да креира еден модел на WAN-мрежа во еден регион со идентификувани потребни карактеристики: исполнување на соодветните барања, креирање соодветна топологија и цената која одговара на барањата. Во конкретниот случај се креира еден модел за WAN во Саудиска Арабија. За постигнување на оваа цел авторот на трудот со неколку чекори формира еден алгоритам. Чекорите на тој алгоритам посебно се карактеризираат со неколку операции како што се:

- дефинирање на барањата на мрежата,
- која топологија треба да се дизајнира во зависност на барањата,

-пресметување на средната вредност на сообраќајот меѓу јазлите на графот кој претходно е формиран (матрица на сообраќајот),

- врз основа на добиените резултати одредување на соодветна технологија и одредување цена на WAN-мрежа.

Пресметувањето на сообраќајот на една WAN-мрежа не е едноставно така што матрицата на сообраќајот ни го покажува средниот сообраќај на мрежата. Таа презентира вредности на сообраќај меѓу јазлите кои претставуваат место каде што се испраќа или се прима податокот. Гранките на графот поврзуваат два јазли и оптоварувањето (Erlang) на тој линк никогаш не може точно да се пресметува. Во овој труд се развива една методологија со која се настојува да се пресметува средната вредност на оптоварувањето на тој линк, базирајќи се на демографскиот параметар. Пресметувањето на сообраќајот на една гранка која поврзува два јазли се базира на: бројот на населението на 12 града во Саудиска Арабија, кои се јазли на графот, бројот на повиците на домаќинствата и времетраење. Чекорите за анализа и пресметување на сообраќајот во овој труд се:

-Пресметување на домаќинствата (група луѓе што живеат заедно) на секој град $T=P/N$, T - домаќинства, P - број на население на градот, N - среден број за едно семејство во Саудиска Арабије е 7.

- Делења на два типа домаќинства: комерцијални (15%) и резидентни (85%).

- Времетраење на користење на мрежата за резидентните домаќинства едно повикување за 24 часа, за комерцијалните домаќинства четири повикување на 24 часа.

- Креирање формула која го пресметува сообраќајот посебно за секој град. Врз основа на овие резултати е пресметан и сообраќајот меѓу сите јазли на графот и формирана е матрица на сообраќајот. Патувањето на податокот од еден јазол, односно град до друг град ќе биде поекономичен ако поминува низ краткиот пат. Овој проблем е решен со употреба на алгоритмите Дајкстра и Флојд-Воршал и се креираат определени рути. Сега кога се пресметани овие податоци може да се пресмета и оптоварувањето на секое ребро од графот. Така е формиран реброт на WAN-мрежата. На крајот се определува и пропусен опсег на ребрата (Bandwidth). Можно е капацитетот на сообраќајот на едно ребро кое поврзува два мали града да биде голем. Тоа се должи на тоа што положбата на тоа ребро е таква што низ него поминуваат не само податоците на двата града што ги поврзува реброто туку и другите во зависност од рутите кои се формираат според алгоритмите за

наоѓање најкраток пат. Сега кога се пресметани овие индикатори може да се креира WAN-мрежата која одговара на барањата за кои е формирана и цената на технологиите може да одговара на тоа или да биде во границите на оптимумот.

Во трудот на Andrea De Montis [10] е презентирани сериозен обид за пресметување на сообраќајот на интерурбана компјутерска мрежа во регионот на Сардинија. И овде се употребува графот за опишување на мрежата со јазли и ребра. Се барат индикатори со кои се опишува комплексноста на работата на мрежата: варијабилноста на сообраќајот, важноста на топологијата на мрежата, диференцирање странични рути и главни рути на графот кој е реброт на една мрежа, обид за детектирање и за опишување хетерогени податоци лоцирани како социодемографски варијабли како што се: број на население, структурата на населението на одредените јазли на графот и месечните примања на вработените. Оваа анализа е потребна за оценување и за планирање мрежа која треба да ги поврзува 375 општини во Сардинија, имајќи ги предвид трите крупни индикатори: географски, социјални и демографски. Секоја од овие општини има варијабилен однос со овие индикатори. Во трудот се спомнува важноста на структурата на населението на општините како што се: вработени, студенти, ученици, а нема обид за креирање математички модел за подлабока анализа. Географскиот индикатор ја опишува топологијата на мрежата со употреба на еден граф каде што јазлите претставуваат центри на општините, а ребрата се линковите што претставуваат поврзување на одредени јазли, односно општини. И ова е опишано математички со помош на соседните матрици (Adjacency matrix). Карактеристично е тоа што овој граф има голем број јазли и ребра, односно гранки, и тоа $N=375$ јазли и $E=16248$ ребра. Бројот на ребрата на сите јазли не е ист, туку тој е варијабилен од 8 до 279. И тоа е опишан со математичка формулација. Оваа анализа дава аналитички алатки за широк спектар на апликации, како и некои од принципите утврдени за да може лесно да биде одбележан проблемот на планирање и трошоците на еден широк простор на моделирање компјутерска мрежа.

Трудот на Taylor *et al.* [11] има за цел да се идентификуваат асоцијации меѓу демографски и социоекономски фактори за користење интернет модели за домашна употреба во регионот Централ Квинсленд (Central Queensland region), Австралија. Во рамките на ова истражување се креира хипотеза дека постојат разлики во користење на мрежите и интернетот меѓу: млади и стари, мажи и

жени, луѓе во урбаните и руралните средини, добро образовани и помалку образовани, богати и сиромашни, вработени и невработени. Притоа во овој труд се истражуваат разликите за користење интернет низ овие параметри и асоцијации. Демографските и социоекономски фактори, односно параметри го диктираат проектирањето и планирањето на една мрежа.

Во трудот на Maurizio Naldi, Claudia Solaris [25] главна цел е да се анализира распределбата на сообраќајот на корисниците на една мрежа која поврзува еден поширок географски регион. Сообраќајот на разни области низ мрежата е доста нерамен. Ова се должи на нееднаква дистрибуција на генерираниот сообраќај од корисниците на таа област. Се генерира сообраќај во зависност од потребите на клиентите на мрежата и од нивниот број. За искористување на предностите на таквите нерамнини треба да се има подлабоко познавање на карактеристиките на дистрибуција, притоа настојувајќи тоа да се направи со математички модели. Количината на сообраќајот е изразен во оптеретување(Erlang) и поврзувањето со нелинеарното користење на мрежата и бројот на корисниците. За емпириско испитување на сообраќајот на мрежата се формираат три бази на податоци каде што се чуваат податоци и за сообраќајот и менливиот интензитет за 213 географски области со 25 милиони жители. Во првите две бази на податоци се чуваат податоци за сообраќај во мрежата во различен временски интервал. Типот на сообраќајот со компоненти на глас и тип на вклучување во мрежа до дајл-ап интернет (Dial-up). Трета база на податоци е обезбедена од оператори за цела Италија. Сите овие обиди покажуваат дека со овој труд се настојува да се детектира генерираниот сообраќај на сите области каде што постои една компјутерска мрежа.

Трудот на Mathew Roughan [26] од универзитетот Аделајда, Австралија се обидува да ги идентификува и конкретно да ги дели чекорите кои треба да му претходат на планирањето на една WAN-мрежа. Градењето комуникациска мрежа опфаќа многу задачи кои не се едноставни како што се планирање, конфигурирање, инсталација и одржување. Овој труд се фокусираа на процесот на планирањето на една мрежа. Можно е да се дизајнира една мала мрежа и „од око“, значи без некоја претходна анализа, ама не е истата ситуација ако треба да се креира една поголема мрежа. Комплексноста на таквите мрежи значи дека треба да внимаваме кога дизајнираме такви големи мрежи да не страдаат од неприфатливи перформанси или, обратно, големи перформанси без потреба или

беспотребно трошење пари. Планирањето на мрежата носи со себе серија на квантитативни задачи: мерење мрежен сообраќај, предвидување на мрежното барање, утврдување на оптимумот на ресурсите за исполнување на целите и имплементација. Едноставен пример е одредување на капацитетот на линкот со цел да имаме прогноза за сообраќајниот товар и минимизирање на цената на мрежата. Друг пример е зависност на економски и демографски параметри. Во оваа област се напишани неколку академски трудови, но се фокусирани на индивидуални компоненти: Како да се направат соодветни мерења со апликација на соодветни алгоритми . Во процесот на планирање се следат неколку параметри низ неколку фази:

-интернет мерења се од различен квалитет. Мерењата треба да се прават постојано затоа што комуникацијата во линковите е варијабилна[27].

-анализа овозможува да се процени и да се предвиди безмерна колочина поминувачи низ фазите: анализа-предвидување-контрола. Овој циклус продолжува неколкупати сè додека добиваме параметри кој дават можност за планирање на една мрежа. Можно е да се добие само просечна сообраќајна стапка за сите линкови на една мрежа. Обемот на податоците во еден линк на една мрежа ги имплицира перформансите на соодветните рутери. Планирањето бара детален преглед на: топологија (јазли, ребра односно врски меѓу јазлите), политиката на мрежното рутирање односно тежиштата на линкот и најдување на најкраткиот пат, физички капацитет на опрема и оптички влакна за поврзување.

Топологијата и податоците за јазлите и линковите се неопходни за да се пресметува после сообраќајот на податоците меѓу јазлите на претпоставениот граф. Секој рутер во мрежата мора да биде во можност да изгради рутирачка табела а за да се постигне тоа мора претходно да има пресметани информации за комплетна мапа на мрежата па и податоци од матрицата на рутирање. Наблудувањето на една комуникациска мрежа не е нешто ново та и досега беше анализирана но за телефонија. Тука планирањето на капацитетот на мрежата се прави врз основа на “зафатен час ” односно часови на денот кој има највисок ниво на сообраќај и бројот на корисниците на телефонијата. Интернет сообраќај во споредба со телефонијата има голем раст последните години и тој раст продолжува[29].

Податоците од сообраќајот на мрежата од странат на Австралиското биро за статистика (ABS) се собрани како историски податоци за австралиски интернет

провајдери за многу години и се меморирани овие податоци. Наједноставниот модел кој ги опишува некои од набљудуваните структури е гравитациониот модел. Во мрежите гравитациониот модел се користи за да се моделира обемот на телефонски повици во мрежата [29]. Моделот на гравитација името произлегува од Њутоновиот закон за гравитација и најчесто се користи од страна на научници од општествените науки да се моделира движењето на луѓето, стоките меѓу географски области [30,31,32]. Во Њутоновиот закон на гравитација силата е пропорционална на производот на масата на два предмета поделено со растојанието на квадрат. Слично на тоа во моделот на гравитација за интеракција меѓу градовите во смисол на мрежната употреба, релативната сила на интеракција може да се моделира како пропорционална на производот на населението во градовите. Освен што е анализиран мрежниот сообраќај во аспект временски и просторен тој може да се разгледа и во аспект на типот на податокот што патува низ мрежата. На пример гласниот сообраќај е помал во однос на други интернет апликации во мрежата. Типичен интернет провајдер има неколку стотици различни апликации. Овие апликации генерираат различен волум на сообраќај во мрежата. Постојат неколку примери во разни претпријатија каде што еднаш неделно компанијата за краток интервал генерира голем волум на сообраќај употребувајќи разни апликации. Од како се добиваат неколку информации за сообраќајот се настојува со помала грешка да се дизајнираат капацитетот на линковите. Планирање на капацитетот на мрежата во трудот има посебно внимание. Се знае дека за да се добијат информации па после да се одреди тој капацитет треба да се употребат разни алгоритми или алатки за оптимизација почнувајќи од специјални алатки како што е CPLEX, па сè до алатки со општа намена како што се матлаб (Matlab), ексел (Excel). Наведени три главни компоненти за било кои проблем на оптимизација: оптимизација на *променливи*, оптимизација на *целта* и оптимизација на *ограничувањата*. Во делот на променливи влегуваат локации на линкови и нивниот капацитет. Оптимизација на целта е оптимизација на функцијата, а тоа значи варирање во зависност од бизнис-целите. Цената на мрежа во трудот се смета како комплексна функција на бројот и видот на рутери кои се користени и на капацитетот на линковите. Оптимизација на ограничувањето е капацитетот на линкот „доволно“, доволен број на пристаниште, односно броеви на рутери, мрежа со добри перформанси и ниска цена.

Клучно прашање во ограничувањето е „доволно“. Постојат неколку фактори кои се поврзуваат со оваа одлука: сообраќајот не е константен во текот на денот, па мора да се дизајнира капацитет што ќе биде во можност да носи максимален сообраќај во текот на целиот ден, и од тука да се овозможи варијација на капацитетот во текот на еден временски интервал или пресметување просечна вредност. *Во трудот се наведува дека не постој конечна формула за пресметка на оптеретувањето (Erlang) на линковите на една мрежа.* Како резултат на тоа повеќе мрежни оператори користат некој вид правила кои не се стандардизирани. Сообраќајот во една мрежа зависи од профилот на барањето и од обемот на агрегација на податоците низ таа мрежа. Повеќе се користи технологија за тип на мрежи дуплекс и се распределува капацитет на секоја насока. Во трудот исто така се спомнува транзит-сообраќај кој дава можност да се формира рбет на една мрежа со одреден капацитет на тие гранки кои го сочинуваат тој рбет. Трудот има за цел да покаже дека и покрај комплексноста на функцијата, податочна мрежа може да се конструира како ефикасна, стабилна и сигурна мрежа и покрај непрецизните мерења и пресметувања и општите специфичности на интернетот.

1.5 Објавени трудови поврзани со истражувањето

Трудови во меѓународни научни списанија:

- [1] **Ahmedi, B.**, Mitrevski, P., “On the Development of Methodology for Planning and Cost-Modeling of a Wide Area Network”, *International Journal of Computer Networks & Communications*, Vol. 6, No. 3, pp. 1-20, **2014**
- [2] **Ahmedi, B.**, Mitrevski, P., “On the Challenges of Planning and Modeling a Wide Area Network”, *AKTET, Journal of Institute Alb-Shkenca*, Vol. 6, **2014**

Трудови во Зборници на научни трудови презентирани на меѓународни академски собири:

- [3] **Ahmedi, B.**, Mitrevski, P., “Inclusion of Socio-Economic Indicators in the Cost Modeling of a WAN Network”, *Proc. of the 6th International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks (CICSyN 2014)*, Tetovo, Macedonia, **2014 (IEEE Conference Publications)**
- [4] **Ahmedi, B.**, Mitrevski, P., “Identification and Evaluation of Pertinent Parameters used for Cost Modeling of a Wide Area Network”, *Proc. of the International Conference on Applied Internet and Information Technologies (AIIT 2013)*, pp. 294-299, Zrenjanin, Serbia, **2013**

- [5] **Ahmedi, B.**, Mitrevski, P., “On the Challenges of Planning and Modeling a Wide Area Network”, *Book of Abstracts of the Eighth Annual International Meeting of Alb-Science Institute*, p. 426, Tirana, Albania, **2013**

Трудови објавени во годишници:

- [6] Митревски, П., **Ахмеди, Б.**, „Композитни социо-економски индикатори и моделирање на трошоци кај мрежите на пошироко географско подрачје“, *Зборник на трудови*, Технички факултет, Битола, **2014** (во печат)
- [7] Митревски, П., **Ахмеди, Б.**, „Прилог кон развојот на методологија за планирање и моделирање на трошоци за дизајнирање на WAN-мрежа“, *Зборник на трудови*, Технички факултет, Битола, **2013** (во печат)

1.6 Организација на докторската дисертација

Изработката на докторската дисертација е организирана во следните глави:

Глава 1: Во оваа глава е даден вовед во проблематиката на истражувањето. Елаборирани се мотивите за отпочнување на едно вакво истражување, предметот и целта на истражувањето. Дадена е кратка дефиниција за компјутерска мрежа WAN и покрената е следново прашање: Која мрежа се смета за ефикасна и исплатлива. Наведен е краток опис на неколку трудови кои имаат блиски точки со оваа тема. На крај дадена е организацијата на докторската дисертација.

Глава 2: Опишани се во кратки црти главните барања на една мрежа денес, а тие се: преку неа да се користат и интернет, трансакциски процеси како посериозна операција и видео или звук во реално време. Формирана е карта на една претпоставена регионална мрежа со 21 јазли и 31 гранки. Тежините на гранките се бројки кои претставуваат растојание меѓу јазлите. Пресметан е сообраќајот на секој град. Потоа е направена пресметка на сите парови на градови од наведениот граф од 21 јазол, односно градови без композитните параметри SEI.

Глава 3: Презентирани се податоците земени на терен, како што се број на население по градовите, комерцијални домаќинства, резиденцијални домаќинства, а за кои ние мислиме дека се потребни ама не се доволни и врз основа на кои може да пресметаме и да планираме компјутерска мрежа. Затоа ние предлагаме и неколку социоекономски параметри (SEI) за диференцирање на структурата на населението и докажуваме дека со вклучување на овие параметри добиваме поточна информација за границите на сообраќајот на секој град од графот, а со тоа и за сообраќајот на сите гранки кој ги поврзуваат сите градови.

Глава 4: Оптоварувањето на еден линк не е само од сообраќајот на градовите кои ги поврзува, туку низ тој линк може да поминува и сообраќај и од други градови. За да знаеме дека низ тој линк поминуваат и други рути мора да се користи алгоритам за наоѓање на најкраток пат. Може да се користи алгоритамот Дајкстра кој определува најкраток пат од еден јазол (source) со сите друг градови. Бидејќи ние треба да ги знаеме кратките патишта на сите парови на јазли на графот, односно на градовите, попрактично е да се применува алгоритамот Floyd-Warshall. Со примена на алгоритмот за наоѓање на најкратката патека меѓу сите парови на јазли се дефинираат кои рути поминуваат низ еден линк. Со пресметаниот сообраќај и со примена на алгоритамот за наоѓање на најкраткиот пат може да се пресмета пропусниот опсег на еден линк. Преку ова ние знаеме колку е максималната граница на капацитетот на сообраќајот на податоците кој ќе се одвива низ сите 31 ребра, односно гранки на графот. По пресметката на оптеретувањето (Erlang) се пресметува и пропусниот опсег (bandwidth).

Глава 5: Тука во кратки црти наведуваме неколку клучни моменти во развојот на комуникациските мрежи, почнувајќи со телефонската комуникација, ТВ-дистрибуцијата, мобилната телефонија, па сè до компјутерските мрежи. Даден е еволутивниот пат на развојот на комуникациските мрежи и сервисите со нив. Даден е и еден краток преглед за тоа како се зголемени брзината и капацитетот на преносот на податоците (bit/s или bps). Моментално во овој регион постојат големи продажни компании во областа на телекомуникации: АД Македонски телеком, Космофон, Он-нет, Мепсо, Македонски железници, Македонска радиодифузија и во продолжение е даден еден краток преглед. Направен е и пресек на цените на услугите моментално во Република Македонија од разни провајдери и цените на позајмени линии.

Глава 6: Развиената методологија за планирање и моделирање WAN-мрежи е применета за два конкретни случаи. Првиот случај е пресметување на сообраќајот за мрежата за безжично поврзување на државните универзитети во Македонија. Добиените резултати докажуваат дека методологијата функционира. И вториот случај е планирање и пресметка на капацитетот на сообраќајот на еден интернет провајдер (ISP) од Гостивар. Со резултатите добиени и за вториот случај знаеме за капацитетот на сообраќајот, пропусниот опсег и врз основа на ова земаме соодветна изнајмени линија од терминални и преносни сегменти за одредена цена која ни одговара.

Глава 7: Во оваа глава се обединети заклучоците од претходните глави и се изложени можните насоки за понатамошни истражувања.

Глава 2

2 ПЛАНИРАЊЕ И МОДЕЛИРАЊЕ ТРОШОЦИ ЗА ДИЗАЈНИРАЊЕ WAN-МРЕЖИ – ПРИНЦИПИ И ПАРАДИГМИ

Содржина

2.1 Апликативни барања	19
2.1.1 Интернет	20
2.1.2 Трансакциски процеси	20
2.1.3 Видео или звук во реално време	21
2.2 Матрица на сообраќајот	22
2.3 Случај на WAN во Македонија	22
2.3.1 Опишување на Network Service Area	22
2.3.2 Карта на линкови и гранки	22
2.3.3 Пресметување на сообраќајот	25
2.3.4 Анализа на сообраќајот	26

Опишани се во кратки црти главните барања на една мрежа денес, а тие се: преку неа се користи и интернет, трансакциски процеси како посериозна операција и видео или звук во реално време. Формирана е карта на една претпоставена регионална мрежа со 21 јазли и 31 гранки. Тежините на гранките се бројки кои претставуваат растојание меѓу јазлите. Пресметан е сообраќајот на секој град. Потоа е направена пресметка на сите парови на градови од наведениот граф од 21 јазол, односно градови без композитните параметри S/EI.

2 ПЛАНИРАЊЕ И МОДЕЛИРАЊЕ ТРОШОЦИ ЗА ДИЗАЈНИРАЊЕ WAN-МРЕЖИ – ПРИНЦИПИ И ПАРАДИГМИ

2.1 Апликативни барања

Низ конструираната WAN-мрежа може да се употребат разни апликации: преку мрежата може да се употреби интернет со сите сервиси како што се FTP (File Transfer Protocol), FTP сервери, е-пошта со сите протоколи, SMTP (Simple Mail Transfer Protocol), POP3 (Post Office Protocol 3), IMAP (Internet Message Access Protocol), користење WEB, дискусииони група, систем Gopher, обезбедување област.

2.1.1 Интернет

Интернетот денес се смета за најголема апликација со главна цел да споделува информации со корисници во цел свет. Во аспект на веб-страници личи на автопат каде што наместо табли на вистинска сигнализација има разни натписи со пропаганден материјал. Тоа е така затоа што голем број веб-страници служат за маркетинг, рекламирање и продажба на стоки, услуги и други материјали. Ова се однесува и за мали и за големи компании. Ви се допаѓа или не, голем број фирми имаат потреба на некој начин да имаат и своја веб-страници на интернет, а се разбира дека тоа зависи и од природата на дејноста на компанијата. Докажано е дека веб се користи повеќе за маркетинг, а не за продажба. За да се користи за продажба е потребна посебна инфраструктура која чини многу повеќе од тоа што се нарекува маркетинг. Информациите кој се сместуваат во една веб-локација се форматирани како текст, слика, звук и видеосеквенција. Најглавните можности кои ги дава една веб-локација за една компанија се: пристап до информациите на компанијата без прекин 24 часа, преставување на компанијата, препораки и интерактивни искуства клиент-компанија, разни брошури со нови податоци за производи или услуги, давање можност за кореспонденција преку имејл, можност за преземање разни документи од веб-страници кои се во функција на подетално објаснување за производи или услуги, звучни и видеозаписи. Се разбира дека преку веб-локацијата една компанија има повеќе можности за маркетинг од кој и да било друг медиум. Притоа има лесно прилагодување и ажурирање на релевантните податоци .

2.1.2 Трансакциски процеси

Користење интернет во WAN-мрежи, односно веб-локација за една компанија за маркетинг и давање информација не е толку ризично за компанијата ако се злоупотребува веб-локација од разни хакери. Не е исто ако преку некоја веб-локација вршиме монетарни трансакции. За оваа цел е потребен посложен систем на сервери. Виртуелна веб-продавница е веб-сервер каде што се одржува веб на компанијата. На овој сервер се креира база на податоци од роба, услуги, клиенти и друго. Комуникацијата со овие бази на податоци се прави со кориснички интерфејс. За овие монетарни трансакции преку веб-продавници потребни се специјални софтвери, специјални уреди за плаќање со кредитни

2 ПЛАНИРАЊЕ И МОДЕЛИРАЊЕ НА ТРОШОЦИ ЗА ДИЗАЈНИРАЊЕ НА WAN –МРЕЖИ- ПРИНЦИПИ И ПАРАДИГМИ

картички и високо ниво на безбедност бидејќи треба да се осигурат броевите на кредитните картици. Безбедна комуникација на веб се постигнува со шифрирање (encryption). Станува збор за електронски сертификати кои проверуваат идентитетот на испраќачите на шифрираните пораки.

2.1.3 Видео или звук во реално време

Постои сервис кој овозможуваат пренос на податоци во вид на интернет - еелефонија (Real-time voice). Оваа комуникација преку интернет не се прави стандардно, односно што прво се дигитализира сигналот, се компримира, се дели на таканаречени пакети. Овие дигитални пакети се пренесуваат по разни патишта на одредена приемна точка, користејќи го протоколот TCP/IP. Пакетите можат да патуваат низ разни патишта истовремено, а на крајната приемна точка се соединуваат и се конвертираат на природен говорен сигнал. Има случаи кога се појавува долга пауза во текот на говорот, а тоа се должи на квалитетот на преносот. За зголемување на овој квалитет се прават напори како што се: примена на соодветен алгоритам за рутирање, зголемување на бројот на комуникациските линии и нивниот опсег и примена на понапредна технологија за оваа цел.

Освен пренос на звук преку мрежа се пренесуваат истовремено звук и видеоподатоци (Real-time voice and video). Овој сервис последно време е доста користен и се вика видеоконференција. Овој сервис овозможува одржување состанок меѓу луѓето кои се наоѓаат на две или повеќе локации. Се разбира дека за да се реализира овој сервис освен мрежата се потребни и: микрофон, камера, звучници и соодветен софтвер. Оваа опрема и софтверот може да бидат на аматерско ниво со минимална цена и на професионален ниво со цена од неколку илјади долари. Разни претставници на големи комерцијални компании не се во можност истовремено физички да бидат во повеќе значајни разни средини. Со видеоконференциите овој проблем е решен (истовремено да бидете присутен на неколку места). Предност за користење на видеоконференциите од разни компании е и штедење пари и време ако би се одржале стандардни конференции. Хардверскиот и софтверскиот дел кои се користат за видеоконференции поддржуваат компримирање и декомпримирање за поефикасен пренос на видеоподатоци [2].

2 ПЛАНИРАЊЕ И МОДЕЛИРАЊЕ НА ТРОШОЦИ ЗА ДИЗАЈНИРАЊЕ НА WAN –МРЕЖИ- ПРИНЦИПИ И ПАРАДИГМИ

Во определени географски региони и на определено време сообраќајот на компјутерските мрежи е варијабилен. Затоа се јавува потреба за предвидување на користење мрежа. Врз основа на тоа може да се пресметува една средна вредност во определено време за подобра анализа на сообраќајот [9].

2.2 Матрица на сообраќајот

Матрица на сообраќајот ја опишува картата на сообраќајот од една локација на мрежата кон сите локации на мрежата. Таа матрица може да се структурира така што ќе презентира средна вредност на количината на сообраќајот меѓу сите локации како јазли на мрежата. Се разбира дека прво треба да се дизајнира еден таков граф со јазли и темиња кои ќе пресликува реални локации на компјутерските мрежи [9].

2.3 Случај на WAN во Македонија

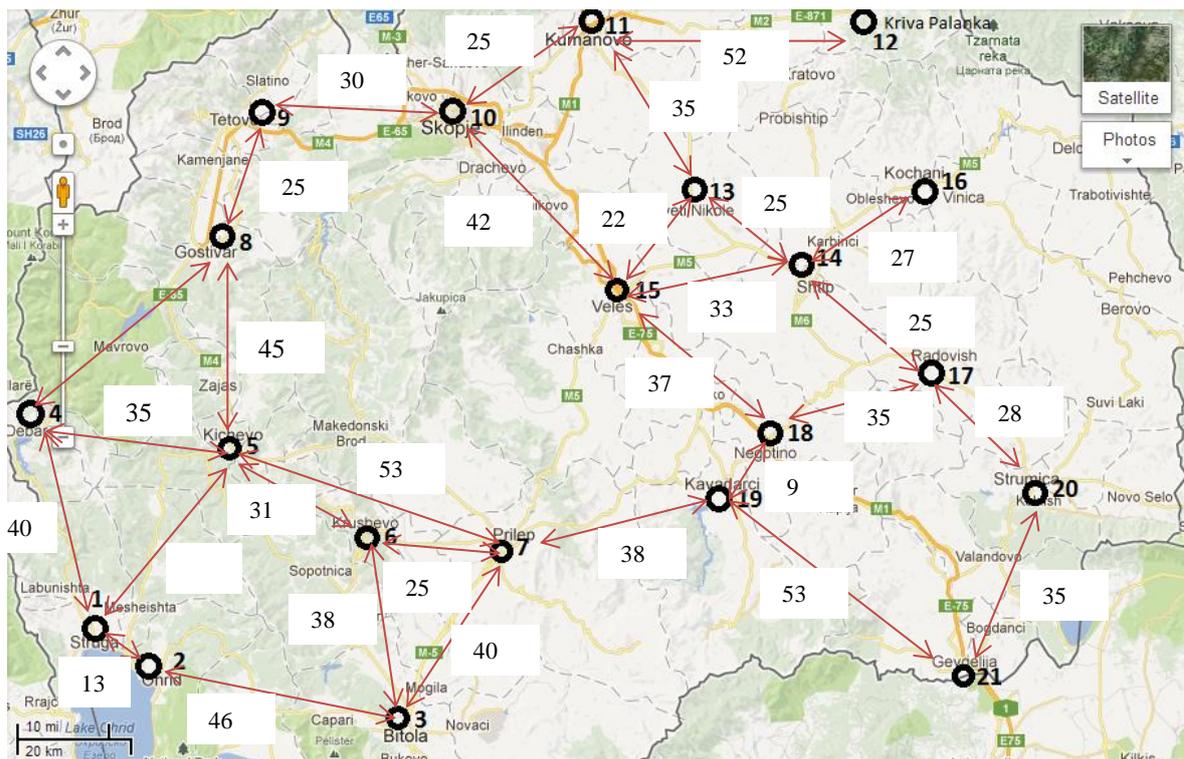
2.3.1 Опишување на Network Service Area

Претпоставуваме дека 21 град на Македонија се јазли на графот и земен е минимален број гранки или линкови меѓу градовите кој е 30. Поврзување на овие јазли со гранките е направен според логиката на соседството и оддалеченост меѓу градовите се смета како тежиште на гранката на тој линк. Сообраќајот на на податоцитете по овие линкови не е ист. Тој зависи меѓу другото и од најкраткиот пат на патувањето на пакетот на податокот од еден на друг јазол или од еден на друг град. Се знае дека денес вај проблем е решен со примена на неколку алгоритми кој што служат за најдување најкраток пат меѓу јазлите. Во овој случај соодветни алгоритми за пресметување на најкраткиот пат меѓу јазлите се Дајкстра и Флојд-Воршал .

2.3.2 Карта на линкови и гранки

Пример за истражување во областа на развојот на методологија за планирање и моделирање на трошоци за дизајнирање на една WAN-мрежа се зема еден регион со 21 јазол и 30 гранки како што се гледаат на сликата 1.

2 ПЛАНИРАЊЕ И МОДЕЛИРАЊЕ НА ТРОШОЦИ ЗА ДИЗАЈНИРАЊЕ НА WAN –МРЕЖИ- ПРИНЦИПИ И ПАРАДИГМИ



Слика 1. Карта со претпоставени линкови

Критериум за определување на градот како јазол на симулираниот граф е земен бројот на населението. Во табелата 1. се наведени градовите на претпоставениот граф.

	Јазли
1	Сруга
2	Охрид
3	Битола
4	Дебар
5	Кичево
6	Крушево
7	Прилеп
8	Гостивар
9	Тетово
10	Скопје
11	Куманово
12	Крива Паланка
13	Свети Николе
14	Штип
15	Велес

2 ПЛАНИРАЊЕ И МОДЕЛИРАЊЕ НА ТРОШОЦИ ЗА ДИЗАЈНИРАЊЕ НА WAN –МРЕЖИ- ПРИНЦИПИ И ПАРАДИГМИ

16	Кочани
17	Радовиш
18	Неготино
19	Кавадарци
20	Струмица
21	Гевгелија

Табела 1. Јазли на симулираниот граф на картата

Во табелата 2 се наведени претпоставените гранки што ги поврзуваат јазлите, односно соседните градови, а во овој случај тој број е 30 гранки, односно линкови. Во табелата е ставено тежиштето на гранката како дистанца.

	Гранка		Тежиште (дистанца)
1	Струга	Охрид	13
2	Струга	Кичево	45
3	Струга	Дебар	40
4	Дебар	Кичево	35
5	Дебар	Гостивар	43
6	Кичево	Гостивар	45
7	Гостивар	Тетово	25
8	Тетово	Скопје	30
9	Скопје	Куманово	25
10	Куманово	Крива Паланка	52
11	Куманово	Свети Николе	35
12	Скопје	Велес	42
13	Велес	Свети Николе	22
14	Свети Николе	Штип	25
15	Штип	Кочани	27
16	Штип	Велес	33
17	Штип	Радовиш	25
18	Велес	Неготино	37
19	Неготино	Радовиш	35
20	Радовиш	Струмица	28
21	Струмица	Гевгелија	35
22	Неготино	Кавадарци	9
23	Кавадарци	Гевгелија	53
24	Кавадарци	Прилеп	38
25	Прилеп	Битола	40
26	Прилеп	Крушево	25

2 ПЛАНИРАЊЕ И МОДЕЛИРАЊЕ НА ТРОШОЦИ ЗА ДИЗАЈНИРАЊЕ НА WAN –МРЕЖИ- ПРИНЦИПИ И ПАРАДИГМИ

27	Прилеп	Кичево	53
28	Крушево	Кичево	31
29	Крушево	Битола	38
30	Битола	Охрид	46

Табела 2. Гранките со тежиштата

2.3.3 Пресметување на сообраќајот

Пресметување на матрицата на сообраќајот се базира на: бројот на домаќинствата на градовите, времето на користење на мрежите и бројот на корисници на услуги преку мрежа. Под поимот *домаќинство* се смета секоја семејна или друга заедница на лица кои ќе изјават дека заедно живеат и заеднички ги трошат своите приходи за подмирување на основните животни потреби, без оглед на тоа дали сите членови постојано се наоѓаат на местото каде што е населено домаќинството или некои од нив определено време престојуваат во друго населено место, односно во странска држава, заради работа, школување или од други причини. Под домаќинство се смета и таканареченото колективно домаќинство, а тоа е домаќинство составено од лица кои живеат во установи за трајно згрижување деца и возрасни [9]. За секој голем град во Македонија може да се пресмета бројот на домаќинствата. Тоа се пресметува со формулата:

$$T = \frac{P}{N}$$

T- број на домаќинства на градот

P- бројот на жители на градот

N- број на жители во една куќа (имајќи го предвид пописот на 2002 овој број е меѓу 3-4) [9,26,29]. Базирајќи се на овој податок во конкретниот случај е земен бројот N=3,5.

Град	Популација	Домаќинства $T = \frac{P}{N}$
Струга	63376	18107,43
Охрид	55749	15928,29

2 ПЛАНИРАЊЕ И МОДЕЛИРАЊЕ НА ТРОШОЦИ ЗА ДИЗАЈНИРАЊЕ НА WAN –МРЕЖИ- ПРИНЦИПИ И ПАРАДИГМИ

Битола	95385	27252,86
Дебар	19542	5583,43
Кичево	48000	13628,57
Крушево	9684	2766,86
Прилеп	76768	21933,71
Гостивар	81042	23154,86
Тетово	86580	24737,14
Скопје	506926	144836,00
Куманово	105484	30138,29
Крива Паланка	20820	5948,57
Свети Николе	18497	5284,86
Штип	47796	13656,00
Велес	55108	15745,14
Кочани	38092	10883,43
Радовиш	28244	8069,71
Неготино	19212	5489,14
Кавадарци	38741	11068,86
Струмица	54676	15621,71
Гевгелија	22988	6568,00

Табела 3. Број на население и на домаќинства во градовите

2.3.4 Анализа на сообраќајот

Постојат два типа домаќинства во еден град, комерцијални и резидентни [9]. Се разбира дека користењето на комуникациските мрежи не е исто затоа што и потребите се различни за овие две категории.

-за резидентни домаќинства: 1 корисник, време на користење RL часови секој ден

2 ПЛАНИРАЊЕ И МОДЕЛИРАЊЕ НА ТРОШОЦИ ЗА ДИЗАЈНИРАЊЕ НА WAN –МРЕЖИ- ПРИНЦИПИ И ПАРАДИГМИ

-за комерцијални домаќинства: 4 корисници, време на користење CL секој ден

Тоталното пресметување на сообраќајот за секој град:

$$TF = C * \frac{P}{N} * \frac{CC * CL}{24} + R * \frac{P}{N} * \frac{CR * RL}{24}$$

C - комерцијални домаќинства во процент

P - број на жители на градот

N - број на жители во една куќа

CC - број на активни он-лајн сесии на едно комерцијално домаќинство во 24 ч.;

CL- времетраење на една он-лајн сесија кај комерцијалните домаќинства;

R - резидентни домаќинства во процент

CR - број на активни он-лајн сесии на едно резидентно домаќинство во 24 ч.;

RL- времетраење на една он-лајн сесија кај резидентните домаќинства;

Град	Домаќинства според пописот 2002	Популација	Домаќинст ва N= 3,5 Т	СТ(15%)	RT(85%)	ТС (СТ*CL*4) /24, CL=1/2 h	TR (RT*RL*1) /24, RL=1/2 h	Целиот сообраќај: ТС+TR За 1 h
Струга	14485	63376	18107,43	2716,11	15391,31	226,34	320,65	547,00
Охрид	16012	55749	15928,29	2389,24	13539,04	199,10	282,06	481,17
Битола	28942	95385	27252,86	4087,93	23164,93	340,66	482,60	823,26
Дебар	3917	19542	5583,43	837,51	4745,91	69,79	98,87	168,67
Кичево		47700	13628,57	2044,29	11584,29	170,36	241,34	411,70
Крушево	2706	9684	2766,86	415,03	2351,83	34,59	49,00	83,58
Прилеп	24398	76768	21933,71	3290,06	18643,66	274,17	388,41	662,58
Гостивар	18091	81042	23154,86	3473,23	19681,63	289,44	410,03	699,47
Тетово	20094	86580	24737,14	3710,57	21026,57	309,21	438,05	747,27
Скопје	146566	506926	144836,00	21725,40	123110,60	1810,45	2564,80	4375,25
Куманово	27984	105484	30138,29	4520,74	25617,54	376,73	533,70	910,43
Крива Паланка	6600	20820	5948,57	892,29	5056,29	74,36	105,34	179,70
Свети Николе	5698	18497	5284,86	792,73	4492,13	66,06	93,59	159,65
Штип	15065	47796	13656,00	2048,40	11607,60	170,70	241,83	412,53
Велес	16959	55108	15745,14	2361,77	13383,37	196,81	278,82	475,63
Кочани	11981	38092	10883,43	1632,51	9250,91	136,04	192,73	328,77
Радовиш	8270	28244	8069,71	1210,46	6859,26	100,87	142,90	243,77

2 ПЛАНИРАЊЕ И МОДЕЛИРАЊЕ НА ТРОШОЦИ ЗА ДИЗАЈНИРАЊЕ НА WAN –МРЕЖИ- ПРИНЦИПИ И ПАРАДИГМИ

Неготино	5898	19212	5489,14	823,37	4665,77	68,61	97,20	165,82
Кавадарци	12026	38741	11068,86	1660,33	9408,53	138,36	196,01	334,37
Струмица	15896	54676	15621,71	2343,26	13278,46	195,27	276,63	471,91
Гевгелија	7221	22988	6568,00	985,20	5582,80	82,10	116,31	198,41
Σ	345453	1492410	426402,86	63960,43	362442,43	5330,04	7550,88	12880,92

Табела 4. Сообраќајот за градовите

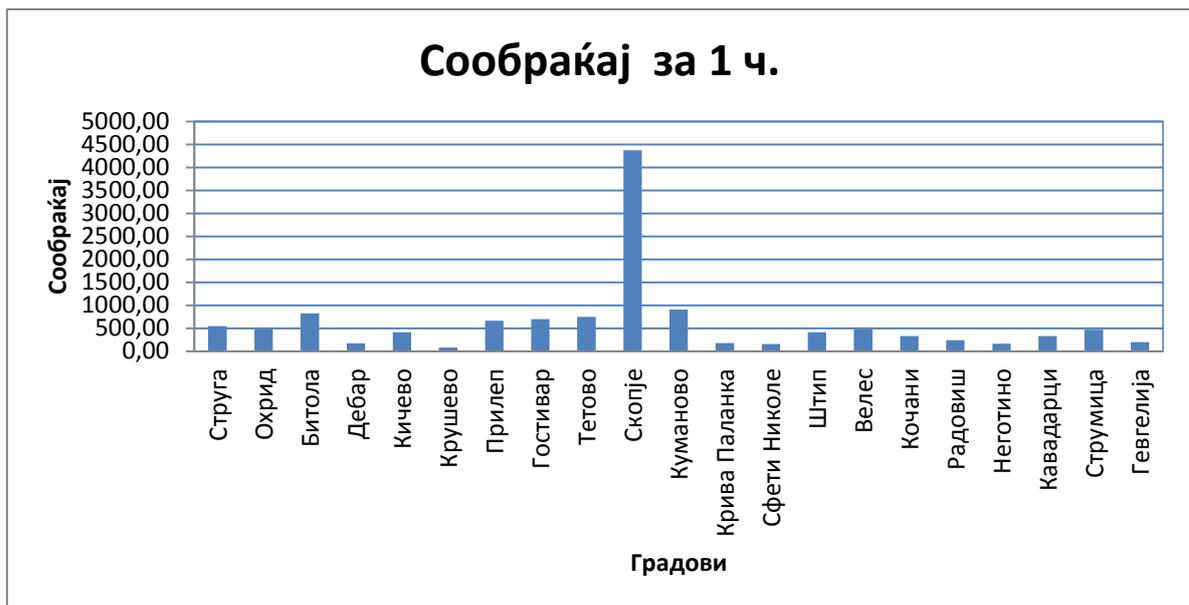
T : Број на домаќинства (P/N), N=3,5

СТ: број на комерцијални домаќинства 15%

RT: број на резидентни домаќинства 85%

ТС: број на приклучоци за 1 час за комерцијалните домаќинства
 $(СТ*CL*4)/24$, CL=1/2 h

TR: број на приклучоци за 1 час за резидентните домаќинства
 $(RT*RL*1)/24$, RL=1/2



Слика 1. Сообраќајот за 1 ч.

2 ПЛАНИРАЊЕ И МОДЕЛИРАЊЕ НА ТРОШОЦИ ЗА ДИЗАЈНИРАЊЕ НА WAN –МРЕЖИ- ПРИНЦИПИ И ПАРАДИГМИ

Градови	Струга	Охрид	Битола	Дебар	Кичево	Крушево	Прилеп	Гостивар	Тетово	Скопје	Куманово	Крива Паланка	Свети Николе	Штип	Велес	Кочани	Радовиш	Неготино	Кавadarци	Струмица	Гевгелија
1 Струга		20,4	35	7,16	17,5	3,55	28,1	29,7	31,7	186	38,7	7,63	6,78	17,5	20,2	14	10,4	7,04	14,2	20,2	8,43
2 Охрид	20,4		30,8	6,3	15,4	3,12	24,8	26,1	27,9	163	34	6,71	5,96	15,4	17,8	12,3	9,11	6,19	12,5	17,5	7,41
3 Битола	35	30,8		10,78	26,31	5,34	42,34	44,70	47,76	279,64	58,18	11,48	10,20	26,36	30,39	21,01	15,58	10,59	21,37	30,16	12,63
4 Дебар	7,16	6,3	10,78		5,39	1,1	8,7	9,2	9,8	57	17	2,4	2,1	5,4	6,2	4,3	3,2	2,2	4,4	6,2	2,6
5 Кичево	17,5	15,4	26,31	5,39		2,67	21,2	22,4	23,9	140	29,1	5,74	5,1	13,2	15,2	10,5	7,79	5,3	10,7	15,1	6,34
6 Крушево	3,55	3,12	5,34	1,09	2,671		4,3	4,54	4,85	28,4	5,91	1,17	1,04	2,68	3,09	2,13	1,58	1,08	2,17	3,06	1,29
7 Прилеп	28,1	24,8	42,35	8,68	21,18	4,30		36	38,4	225	45,8	9,2	8,2	21,2	24,5	16,9	12,5	8,5	17,2	24,3	10,2
8 Гостивар	29,7	26,1	44,71	9,16	22,36	4,54	36,0		40,6	237,6	40,4	5,8	8,7	22,4	25,8	17,9	13,2	9	18,2	25,6	10,8
9 Тетово	31,7	27,9	47,76	9,78	23,88	4,85	38,4	40,6		254	52,8	10,4	9,26	23,9	27,6	19,1	14,1	9,62	19,4	27,4	11,5
10 Скопје	186	163	279,64	57,3	139,8	28,39	225,1	237,6	254		309	61	54,2	140	162	112	82,8	56,3	114	160	67,4
11 Куманово	38,7	34	58,19	11,9	29,1	5,91	46,8	49,4	52,8	309		12,7	11,28	29,2	33,6	23,24	17,23	11,72	23,53	33,35	14,02
12 Крива Паланка	7,63	6,71	11,49	2,35	5,743	1,17	9,2	9,8	10,4	61	12,70		2,23	5,75	6,64	4,59	3,4	2,31	4,66	6,85	2,77
13 Свети Николе	6,78	5,96	10,20	2,09	5,103	1,04	8,2	8,7	9,26	54,2	11,28	2,23		5,11	5,9	4,07	3,02	2,06	4,14	5,85	2,46
14 Штип	17,5	15,4	26,37	5,4	13,19	2,68	21,2	22,4	23,9	140	29,16	5,75	5,113		15,2	10,5	7,81	5,31	10,7	15,1	6,35
15 Велес	20,2	17,8	30,40	6,23	15,2	3,09	24,5	25,8	27,6	162	33,62	6,64	5,895	15,2		12,1	9	6,12	12,3	17,4	7,33
16 Кочани	14	12,3	21,01	4,31	10,51	2,13	16,9	17,9	19,1	112	23,24	4,59	4,075	10,5	12,1		6,22	4,23	8,53	12	5,06
17 Радовиш	10,4	9,11	15,58	3,19	7,791	1,58	12,5	13,2	14,1	82,8	17,23	3,40	3,021	7,81	9	6,222		3,14	6,33	8,93	3,75
18 Неготино	7,04	6,19	10,60	2,17	5,3	1,08	8,5	9,0	9,62	56,3	11,72	2,31	2,065	5,31	6,12	4,232	3,14		4,3	6,07	2,55
19 Кавadarци	14,2	12,5	21,37	4,38	10,69	2,17	17,2	18,2	19,4	114	23,63	4,66	4,144	10,7	12,3	8,534	6,33	4,30		12,25	5,15
20 Струмица	20	17,6	30,16	6,18	15,08	3,06	24,3	25,6	27,4	160	33,35	6,58	5,849	15,1	17,4	12,04	8,93	6,07	12,25		7,27
21 Гевгелија	8,43	7,41	12,68	2,6	6,341	1,29	10,2	10,8	11,5	67,4	14,02	2,77	2,439	6,35	7,33	5,064	3,75	2,55	5,15	7,27	

Табела 5. Матрица на сообраќајот меѓу градовите без SEI

Глава 3

3 КОМПОЗИТНИ СОЦИОЕКОНОМСКИ ИНДИКАТОРИ И РАЗВОЈ НА МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ПЛАНИРАЊЕ WAN-МРЕЖА

Содржина

3.1 Социоекономски индикатор SEI 31

Податоците земени „на терен“ како што се број на население по градовите, комерцијални тедомаќинства, резиденцијалните домаќинства ние мислиме дека се потребни, ама не се доволни, а врз основа на кои може да пресметаме и да планираме компјутерска мрежа. Па затоа ние предлагаме и неколку социоекономски параметри (SEI) за диференцирање на структурата на населението и докажуваме дека со вклучување на овие параметри добиваме поточна информација за границите на сообраќајот на секој град од графот, а со тоа и сообраќајот на сите гранки кои ги поврзуваат сите градови.

3 КОМПОЗИТНИ СОЦИОЕКОНОМСКИ ИНДИКАТОРИ И РАЗВОЈ НА МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ПЛАНИРАЊЕ WAN- МРЕЖА

3.1 Социоекономски индикатор SEI

Нивото на користење на една WAN -мрежа на еден град не зависи само од бројот на жители на тој град, туку и од нивната структура. Тоа се мери со социоекономскиот индикатор (SEI), како линеарна сума на производот на w_i и a_i ($0 \leq a_i \leq 1$). Тежините w_i се дефинират врз основа на статистичките извештаи (Завод за статистика).

$$SEI = \sum_{i=1}^k w_i a_i \quad (4)$$

a_1 -процент на вработени во јавниот сектор во тој град;

a_2 -процент на вработени во деловни субјекти во тој град;

a_3 -процент на ученици во тој град;

a_4 -процент на студенти во тој град;

a_5 -процент на невработени во тој град;

a_6 -процент на друго население;

$$a_1 = \frac{I_1}{P}, \quad a_2 = \frac{I_2}{P}, \quad a_3 = \frac{I_3}{P}, \quad a_4 = \frac{I_4}{P}, \quad a_5 = \frac{I_5}{P}, \quad a_6 = \frac{I_6}{P}$$

I_1 -број на вработени во јавниот сектор во тој град

3 КОМПОЗИТНИ СОЦИО-ЕКОНОМСКИ ИНДИКАТОРИ И РАЗВОЈ НА МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ПЛАНИРАЊЕ НА WAN МРЕЖА

I_2 -број на вработени во деловни субјекти во тој град

I_3 -број на ученици во тој град

I_4 -број на студенти во тој град

I_5 -број на невработени во тој град

I_6 -број на друго населени

P -број на жители на градот

W_1 - користење на информатичко-комуникациски технологии во **јавниот сектор**, интернет **72%**(од Државен завод за статистика, бр.8.1.11.31)

W_2 - користење на информатичко-комуникациски технологии во **деловни субјекти**, интернет **36%**(од Државен завод за статистика, бр.8.1.12.25)

W_3 - користење на информатичко-комуникациски технологии **ученици**, интернет **96,4%**(од Државен завод за статистика, бр.8.1.12.28)

W_4 - користење на информатичко-комуникациски технологии **студенти**, интернет **96,4%**(од Државен завод за статистика, бр.8.1.12.28)

W_5 - користење на информатичко-комуникациски технологии **невработени**

W_6 - користење на информатичко-комуникациски технологии **други**

Град	Домаќинства според пописот, 2002	Популација	w на ниво на републиката						N	Вработени бр. јавен сектор (40%)	II	I2		I3		I4		I5		I6	SEI = $\sum_{i=1}^6 w_i a_i$			
			w1	w2	w3	w4	w5	w6				$\sigma_1 = \frac{I_1}{N}$	$\sigma_2 = \frac{I_2}{N}$	бр. ученици основни	бр. чм. Средно	бр. студенти	бр. невработени	$\sigma_5 = \frac{I_5}{N}$	$\sigma_6 = \frac{I_6}{N}$					
												бр. јавен сектор (40%)	бр. јавен сектор (60%)	бр. ученици основни	бр. чм. Средно	бр. студенти	бр. невработени	бр. други						
1 Сурста	14438	63376	0.720	0.360	0.964	0.964	0.25	0.25	63376	47811	19124.4	0.3018	28686.6	0.4526	6006	3229	0.1457	0	3034	0.0479	3296	0.0520	0.5457	
2 Опаха	16012	55749	0.720	0.360	0.964	0.964	0.25	0.25	55749	39074	19020.6	0.2804	23444.4	0.4205	4906	2605	0.1347	1742	0.0312	3809	0.0683	3613	0.0648	0.5465
3 Капапа	28842	95385	0.720	0.360	0.964	0.964	0.25	0.25	95385	69956	26792	0.2808	40173	0.4212	7421	4604	0.1261	2973	0.0312	6838	0.0717	6594	0.0691	0.5406
4 Дебар	3917	19542	0.720	0.360	0.964	0.964	0.25	0.25	19542	13306	5322.4	0.2724	7983.6	0.4085	2306	713	0.1545	0	1211	0.0620	2006	0.1027	0.5333	
5 Кичево	47760	17700	0.720	0.360	0.964	0.964	0.25	0.25	47700	34354	13741.6	0.2881	20512.4	0.4321	3997	2327	0.1326	599	0.0126	3238	0.0679	3185	0.0668	0.5366
6 Куманово	2708	9684	0.720	0.360	0.964	0.964	0.25	0.25	9684	7121	2848.4	0.2941	4272.6	0.4412	804	298	0.1138	0	837	0.0864	624	0.0644	0.5180	
7 Прилеп	24358	78783	0.720	0.360	0.964	0.964	0.25	0.25	78783	50841	20262.4	0.2639	30384.6	0.3958	6741	3977	0.1396	1152	0.0150	6760	0.0881	7497	0.0977	0.5280
8 Гостивар	1939	81042	0.720	0.360	0.964	0.964	0.25	0.25	81042	60136	24054.4	0.2968	36081.6	0.4452	7083	4844	0.1472	0	3546	0.0438	5433	0.0670	0.5436	
9 Тетово	20094	88200	0.720	0.360	0.964	0.964	0.25	0.25	88200	41528	16611.2	0.1919	24918.6	0.2878	10114	9795	0.2299	6670	0.0770	9761	0.1127	8712	0.1006	0.5910
10 Скопје	146266	906296	0.720	0.360	0.964	0.964	0.25	0.25	906296	347236	138884.4	0.2740	208341.6	0.4110	53586	27692	0.1603	32911	0.0649	15874	0.0313	29627	0.0584	0.5848
11 Кичево	27984	105484	0.720	0.360	0.964	0.964	0.25	0.25	105484	69606	27442.4	0.2602	41163.6	0.3902	11303	6514	0.1689	1732	0.0164	6472	0.0614	10857	0.1029	0.5475
12 Крупа Паланка	6602	20820	0.720	0.360	0.964	0.964	0.25	0.25	20820	13923	5407.2	0.2594	8101.8	0.3891	1718	843	0.1230	0	3154	0.1515	1602	0.0769	0.5026	
13 Сопиште	9698	15487	0.720	0.360	0.964	0.964	0.25	0.25	15487	12767	8106.8	0.2761	7660.2	0.4141	1454	661	0.1149	205	0.0111	1843	0.0996	1567	0.0847	0.5149
14 Штип	19203	47796	0.720	0.360	0.964	0.964	0.25	0.25	47796	34171	13668.4	0.2860	20502.6	0.4290	4147	2794	0.1452	1500	0.0314	2434	0.0509	2750	0.0575	0.5577
15 Велес	16959	55108	0.720	0.360	0.964	0.964	0.25	0.25	55108	38479	15391.6	0.2793	23087.4	0.4189	4579	2763	0.1332	375	0.0068	2995	0.0543	5917	0.1074	0.5273
16 Кочани	1180	33092	0.720	0.360	0.964	0.964	0.25	0.25	33092	24041	9616.4	0.2525	14424.6	0.3787	3134	1719	0.1274	2858	0.0750	2884	0.0757	3456	0.0907	0.5548
17 Радовиш	8270	28244	0.720	0.360	0.964	0.964	0.25	0.25	28244	19059	7603.6	0.2692	11405.4	0.4038	2661	894	0.1259	2119	0.0750	1593	0.0564	1968	0.0697	0.5644
18 Negotino	5880	19212	0.720	0.360	0.964	0.964	0.25	0.25	19212	14431	8772.4	0.3005	8658.6	0.4507	1817	775	0.1349	0	1085	0.0565	1104	0.0575	0.5371	
19 Кавadarци	12029	38741	0.720	0.360	0.964	0.964	0.25	0.25	38741	27702	11092.8	0.2860	16621.2	0.4290	3438	1860	0.1368	0	3513	0.0907	2228	0.0575	0.5293	
20 Стругица	13880	54870	0.720	0.360	0.964	0.964	0.25	0.25	54870	32482	13380.8	0.2447	20071.2	0.3671	5491	4018	0.1739	0	2344	0.0439	9371	0.1714	0.5296	
21 Гевгелица	7221	22980	0.720	0.360	0.964	0.964	0.25	0.25	22980	16581	8224.4	0.2708	9336.6	0.4062	1869	991	0.1244	2160	0.0840	1459	0.0635	948	0.0412	0.5779
Σ	343423	1492410																						

Табела 6. Пресметување на SEI

3 КОМПОЗИТНИ СОЦИО-ЕКОНОМСКИ ИНДИКАТОРИ И РАЗВОЈ НА МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ПЛАНИРАЊЕ НА WAN МРЕЖА

	Град	Домаќинства според пописот 2002	Популација	Домаќинства N=3,5 T	СТ(15%)	RT(85%)	ТС (СТ*CL*4)/24, CL=1/2 h	TR (RT*RL*1)/24, RL=1/2 h	Целниот сообраќај: TC+TR	SEI	(TC+TR)*SEI
1	Струга	14485	63376	18107,43	2716,11	15391,31	226,34	320,65	547,00	0,545661	298,47373
2	Охрид	16012	55749	15928,29	2389,24	13539,04	199,10	282,06	481,17	0,546533	262,9738
3	Битола	28942	95385	27252,86	4087,93	23164,93	340,66	482,60	823,26	0,540561	445,02392
4	Дебар	3917	19542	5583,43	837,51	4745,91	69,79	98,87	168,67	0,533251	89,941342
5	Кичево		47700	13628,57	2044,29	11584,29	170,36	241,34	411,70	0,536561	220,90006
6	Крушево	2706	9684	2766,86	415,03	2351,83	34,59	49,00	83,58	0,518026	43,297708
7	Прилеп	24398	76768	21933,71	3290,06	18643,66	274,17	388,41	662,58	0,527954	349,81245
8	Гостивар	18091	81042	23154,86	3473,23	19681,63	289,44	410,03	699,47	0,543557	380,20141
9	Тетово	20094	86580	24737,14	3710,57	21026,57	309,21	438,05	747,27	0,59102	441,6503
10	Скопје	146566	506926	144836,00	21725,40	123110,60	1810,45	2564,80	4375,25	0,58482	2558,7355
11	Куманово	27984	105484	30138,29	4520,74	25617,54	376,73	533,70	910,43	0,547523	498,47988
12	Крива Паланка	6600	20820	5948,57	892,29	5056,29	74,36	105,34	179,70	0,502561	90,308382
13	Сфети Николе	5698	18497	5284,86	792,73	4492,13	66,06	93,59	159,65	0,51487	82,197289
14	Штип	15065	47796	13656,00	2048,40	11607,60	170,70	241,83	412,53	0,557689	230,06069
15	Велес	16959	55108	15745,14	2361,77	13383,37	196,81	278,82	475,63	0,527339	250,82069
16	Кочани	11981	38092	10883,43	1632,51	9250,91	136,04	192,73	328,77	0,554843	182,41577
17	Радовиш	8270	28244	8069,71	1210,46	6859,26	100,87	142,90	243,77	0,564386	137,58189
18	Неготино	5898	19212	5489,14	823,37	4665,77	68,61	97,20	165,82	0,537121	89,064196
19	Кавadarци	12026	38741	11068,86	1660,33	9408,53	138,36	196,01	334,37	0,529267	176,9719
20	Струмица	15896	54676	15621,71	2343,26	13278,46	195,27	276,63	471,91	0,529578	249,91125
21	Гевгелија	7221	22988	6568,00	985,20	5582,80	82,10	116,31	198,41	0,577857	114,65162
	Σ	345453	1492410								

Табела 7. Сообраќај за 21 град со SEI

	Струга	Охрид	Битола	Дебар	Кичево	Крушево	Прилеп	Гостивар	Тетово	Скопје	Куманово	Крива Паланка	Сфети Николе	Штип	Велес	Кочани	Радовиш	Неготино	Кавadarци	Струмица	Гевгелија	
1	Струга		11,17	18,90	3,82	9,38	1,84	14,85	16,15	18,75	108,66	21,17	3,83	3,49	9,77	10,65	7,75	5,84	3,78	7,52	10,6	4,87
2	Охрид	11,17		16,60	3,36	8,25	1,62	13,1	14,2	16,5	95,6	18,6	3,37	3,07	8,59	9,37	6,81	5,14	3,33	6,61	9,34	4,28
3	Битола	18,90	16,62		5,75	14,12	2,77	22,36	24,30	28,23	163,54	31,86	5,77	5,25	14,70	16,03	11,66	8,79	5,69	11,31	15,97	7,33
4	Дебар	3,82	3,36	5,75		2,89	0,57	4,58	4,98	5,78	33,5	6,53	1,18	1,08	3,01	3,28	2,39	1,8	1,17	2,32	3,27	1,50
5	Кичево	9,38	8,25	14,12	2,89		1,38	11,18	12,15	14,12	81,78	15,93	2,89	2,63	7,35	8,02	5,83	4,4	2,85	5,66	7,99	3,66
6	Крушево	1,84	1,62	2,77	0,57	1,38		2,27	2,47	2,87	16,6	3,23	0,59	0,53	1,49	1,63	1,18	0,89	0,58	1,15	1,62	0,74
7	Прилеп	14,85	13,07	22,36	4,58	11,18	2,27		19,6	22,7	131,6	25,6	4,6	4,2	11,8	12,9	9,4	7,1	4,6	9,1	12,9	5,9
8	Гостивар	16,15	14,20	24,30	4,98	12,15	2,47	19,6		24	138,9	27,1	4,9	4,5	12,5	13,6	9,9	7,5	4,8	9,6	13,6	6,2
9	Тетово	18,75	16,50	28,23	5,78	14,12	2,87	22,7	24,0		148,4	28,92	5,239	4,769	13,35	14,55	10,58	7,98	5,16	10,27	14,50	6,65
10	Скопје	108,66	95,58	163,54	33,50	81,78	16,60	131,6	138,9	148,44		169,3	30,7	27,9	78	85,2	62	46,7	30,3	60,1	17,7	38,9
11	Куманово	21,17	18,62	31,86	6,53	15,93	3,23	25,6	27,1	28,92	169,32		6,38	5,81	16,26	17,73	12,89	9,72	6,3	12,51	17,66	8,1
12	Крива Паланка	3,83	3,37	5,77	1,18	2,89	0,59	4,6	4,9	5,24	30,67	6,38		1,15	3,21	3,5	2,54	1,92	1,24	2,47	3,49	1,6
13	Сфети Николе	3,49	3,07	5,25	1,08	2,63	0,53	4,2	4,5	4,77	27,92	5,81	1,15		2,85	3,11	2,26	1,71	1,10	2,19	3,10	1,42
14	Штип	9,77	8,59	14,70	3,01	7,35	1,49	11,8	12,5	13,35	78,14	16,26	3,21	2,851		8,03	5,84	4,40	2,85	5,66	8,00	3,67
15	Велес	10,65	9,37	16,03	3,28	8,02	1,63	12,9	13,6	14,55	85,20	17,73	3,50	3,109	8,03		6,74	5,08	3,29	6,53	9,23	4,23
16	Кочани	7,75	6,81	11,66	2,39	5,83	1,18	9,4	9,9	10,58	61,96	12,89	2,54	2,261	5,84	6,74		3,51	2,27	4,51	6,37	2,92
17	Радовиш	5,84	5,14	8,79	1,80	4,40	0,89	7,1	7,5	7,98	46,73	9,72	1,92	1,705	4,41	5,08	3,51		1,69	3,35	4,73	2,17
18	Неготино	3,78	3,33	5,69	1,17	2,85	0,58	4,6	4,8	5,17	30,25	6,30	1,24	1,10	2,85	3,29	2,27	1,69		2,28	3,22	1,48
19	Кавadarци	7,52	6,61	11,31	2,32	5,66	1,15	9,1	9,6	10,27	60,11	12,51	2,47	2,193	5,67	6,53	4,52	3,35	2,28		6,49	2,98
20	Струмица	10,61	9,34	15,97	3,27	7,99	1,62	12,9	13,6	14,50	17,66	17,66	3,49	3,10	8,00	9,23	6,38	4,73	3,22	6,49		4,20
21	Гевгелија	4,87	4,28	7,33	1,50	3,66	0,74	5,9	6,2	6,65	38,94	8,10	1,60	1,421	3,67	4,23	2,93	2,17	1,48	2,98	4,20	

Табела 8. Матрица на сообраќајот меѓу 21 град со SEI

3 КОМПОЗИТНИ СОЦИО-ЕКОНОМСКИ ИНДИКАТОРИ И РАЗВОЈ НА МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ПЛАНИРАЊЕ НА WAN МРЕЖА

Пресметување на сообраќајот на двете правци меѓу градовите се пресметува со формулата: $T=T_{AB}+T_{BA}$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Gradovi	Струга	Охрид	Битола	Дебар	Кичево	Крушево	Прилеп	Гостивар	Тетово	Скопје	Куманово	Крива Паланка	Сфрети Николе	Штип	Велес	Кочани	Радовиш	Неготино	Каваларци	Струмица	Гевгелија
1 Струга		22,34	37,8	7,64	18,76	3,68	29,8	32,2	37,6	218	42,4	7,66	6,98	19,54	21,4	15,5	11,68	7,56	15,04	21,2	9,74
2 Охрид	22,34		33,20	6,72	16,50	3,24	26,20	28,40	33,00	191,20	37,20	6,74	6,14	17,18	18,74	13,62	10,29	6,66	13,22	18,68	8,56
3 Битола	37,8	33,20		11,50	28,24	5,54	44,72	48,60	56,46	327,08	63,72	11,54	10,50	29,40	32,06	23,32	17,58	11,38	22,62	31,94	14,66
4 Дебар	7,64	6,72	11,50		5,78	1,14	9,16	9,96	11,56	67,00	13,06	2,36	2,16	6,02	6,56	4,78	3,60	2,34	4,64	6,54	3,00
5 Кичево	18,76	16,50	28,24	5,78		2,76	22,36	24,30	28,24	163,56	31,86	5,78	5,26	14,70	16,04	11,66	8,80	5,70	11,32	15,98	7,32
6 Крушево	3,68	3,24	5,54	1,14	2,76		4,54	4,94	5,74	33,20	6,46	1,18	1,06	2,98	3,26	2,36	1,78	1,16	2,30	3,24	1,48
7 Прилеп	29,8	26,20	44,72	9,16	22,36	4,54		39,2	45,4	263,2	51,2	9,2	8,4	23,6	25,8	18,8	14,2	9,2	18,2	25,8	11,8
8 Гостивар	32,2	28,40	48,60	9,96	24,30	4,94	39,2		48,0	277,8	54,2	9,8	9,0	25,0	27,2	19,8	15,0	9,6	19,2	27,2	12,4
9 Тетово	37,6	33,00	56,46	11,56	28,24	5,74	45,4	48,0		296,80	57,84	10,48	9,54	26,70	29,10	21,16	15,96	10,32	20,54	29,00	13,30
10 Скопје	218	191,20	327,08	67,00	163,56	33,20	263,2	277,8	296,80		338,6	61,40	55,80	156,2	170,40	124,00	93,40	60,60	120,20	35,40	77,80
11 Куманово	42,4	37,20	63,72	13,06	31,86	6,46	51,2	54,2	57,84	338,6		12,76	11,62	32,52	35,46	25,78	19,44	12,60	15,02	35,32	16,20
12 Крива Паланка	7,66	6,74	11,54	2,36	5,78	1,18	9,2	9,8	10,48	61,40	12,76		2,30	6,42	7,00	5,08	3,84	2,48	4,94	6,98	3,20
13 Сфрети Николе	6,98	6,14	10,50	2,16	5,26	1,06	8,4	9,0	9,54	55,80	11,62	2,30		5,7	6,22	4,52	3,42	2,20	4,38	6,20	2,84
14 Штип	19,54	17,18	29,40	6,02	14,70	2,98	23,6	25,0	26,70	156,2	32,52	6,42	5,7		16,06	11,68	8,80	5,70	11,32	16,00	7,34
15 Велес	21,4	18,74	32,06	6,56	16,04	3,26	25,8	27,2	29,10	170,40	35,46	7,00	6,22	16,06		13,48	10,16	6,58	13,06	18,46	8,46
16 Кочани	15,5	13,62	23,32	4,78	11,66	2,36	18,8	19,8	21,16	124,00	25,78	5,08	4,52	11,68	13,48		7,02	4,54	9,02	12,74	5,84
17 Радовиш	11,68	10,29	17,58	3,60	8,80	1,78	14,2	15,0	15,96	93,40	19,44	3,84	3,42	8,80	10,16	7,02		3,38	6,70	9,46	4,34
18 Неготино	7,56	6,66	11,38	2,34	5,70	1,16	9,2	9,6	10,32	60,60	12,60	2,48	2,20	5,70	6,58	4,54	3,38		4,56	6,44	2,96
19 Каваларци	15,04	13,22	22,62	4,64	11,32	2,30	18,2	19,2	20,54	120,20	15,02	4,94	4,38	11,32	13,06	9,02	6,70	4,56		12,98	5,96
20 Струмица	21,2	18,68	31,94	6,54	15,98	3,24	25,8	27,2	29,00	35,40	35,32	6,98	6,20	16,00	18,46	12,74	9,46	6,44	12,98		8,40
21 Гевгелија	9,74	8,56	14,66	3,00	7,32	1,48	11,8	12,4	13,30	77,80	16,20	3,20	2,84	7,34	8,46	5,84	4,34	2,96	5,96	8,40	

Табела 9. Сообраќајот на двете правци меѓу градовите

Најголеми корисници на компјутерските мрежи во Македонија се студенти и ученици (96,4%) и од тука произлегува дека со пресметување на матрицата на сообраќајот меѓу градовите со индикаторот SEI видливо се менува овој сообраќај. Ако внимателно се анализираат табелата 3 и табелата 7 има зголемување на сообраќајот меѓу јазлите на графот, односно градовите кој имаат студенти како што се: Скопје – Битола (327,08- 279,64=**47,44**), Скопје – Тетово (296,8-254=**42,8**), Скопје – Штип (156,2-140=**16,2**) и нема значителни промени на сообраќајот на линковите: Дебар – Крушево (1,14-1.09=**0,05**), Гевгелија - Кочани (5,84-5,06=**0,78**), Струга-Велес(21,4-20,2=**1,2**).

Глава 4

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА- НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОЌ

Содржина

4.1	Алгоритми за наоѓање на најкраток пат (Short Path)	36
4.2	Алгоритам Дајкстра	37
4.3	Алгоритамот Флојд-Воршал (Floyd-Warshal)	55
4.4	Опишување на алгоритамот Флојд-Воршал	56
4.5	Псевдокодот на алгоритамот Флојд-Воршал	75
4.6	Код на алгоритамот на Флојд-Воршал во програмски јазик C++	76
4.6.1	Пресметување на оптеретување(Erlang) меѓу јазлите на мрежата	80
4.6.2	Пресметување на пропусниот опсег(Bandwidth) меѓу јазлите на мрежата	83

Оптеретувањето на еден линк не е само од сообраќајот на тие градови кој ги поврзува, туку низ тој линк може да поминува и сообраќај и од други градови. За да знаеме дека низ тој линк поминуваат и други рути мора да се користи алгоритам за наоѓање најкраток пат. Може да се користи алгоритамот Дајкстра кој определува најкраток пат од еден јазол (source) со сите друг градови. Бидејќи ние треба да ги знаеме кратките патишта на сите парови на јазли на графот, односно градовите попрактично е да се применува алгоритамот. Со примена на алгоритамот Флојд-Воршал за наоѓање на најкратката патека меѓу сите парови на јазли се дефинираат низ еден линк кои рути поминуваат. Со пресметаниот сообраќај и со примена на алгоритамот за наоѓање на најкраткиот пат може да се пресмета пропусниот опсег на еден линк. Со ова ние знаеме колку е максималната граница на капацитетот на сообраќајот на податоците кој ќе се одвива низ сите 31 ребро, односно гранки на графот. По пресметката на оптеретувањето(Erlang) се пресметува и пропусниот опсег (bandwidth).

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОЌ

Топологија на компјутерска мрежа значи еден модел на кабловска структура. Постојат главно три топологии на мрежи: топологија магистрала, топологија ѕвезда и топологија прстен. Не секогаш се користи само една

топологија за една WAN-мрежа или LAN-мрежа, туку во зависност од условите може да се комбинираат.

4.1 Алгоритми за наоѓање на најкраток пат (Short Path)

Проблемот за наоѓање на најкраток пат меѓу јазлите на графот има централно место во теоријата на графовите. Овој се смета за еден од најкомплексните проблеми. За најкраткиот пат меѓу два јазли на графот се смета тој пат кога ја имаме минималната тежина на темињата (гранките) што ги поврзува нив. Ориентираниот граф го опишуваме $G = (V, E)$.

V - множество на темиња на графот G

E - множество на гранките на графот G

Функцијата $w: E \rightarrow \mathbb{R}$ пресликува гранки, тежината на истите со реален број

Тежиштето на патот $p = (v_0, v_1, \dots, v_k)$ е збир на тежиштата на гранките:

$$w(p) = \sum_{i=1}^k w(v_{i-1}, v_i)$$

Тежиштето на најкраткиот пат меѓу u и v ќе се добие со:

$$\delta(u, v) = \begin{cases} \min\{w(p) : u \xrightarrow{p} v\} & \text{-ако постои најкраток пат меѓу } u \text{ и } v \\ \infty & \text{-обратно} \end{cases}$$

Најкраткиот пат (short path) од u до v е кој и да било пат p со тежиште $w(p) = \delta(u, v)$. Тежината на гранките на графот може да биде : дистанца, време, цена или која и да било квантитативна вредност која се зголемува линеарно по тој пат кој го определуваме како минимум.

Решавање на проблемот на најкраткиот пат се вика алгоритам за наоѓање најкраток пат. Денес постојат неколку алгоритми за оваа цел. Една групација може да се направи во зависност од тоа со колку јазли (точки) на графот се пресметува најкраткиот пат. Според ова имаме два типа:

- алгоритам за наоѓање на најкраткиот пат од една точка на графот кон сите други точки и

-алгоритам за наоѓање на најкраткиот пат меѓу сите парови на точките на графот.

А) Најпознати алгоритми за наоѓање најкраток пат од една точка (јазол) на графот се:

Алгоритам Дајкстра – решава проблем за наоѓање најкраток пат од еден извор (точка на графот) со другите јазли (точки на графот) кога сите тежини (скалари) на гранките на графот се *позитивни*. Овој алгоритам е соодветен за комуникациските мрежи.

Алгоритам Белман-Форд – со решава проблемот за наоѓање најкраток пат од еден извор (точка на графот) со другите јазли (точки на графот) кога тежини на темињата на графот можат да бидат и *негативни*.

Б) Алгоритам за наоѓање најкраток пат меѓу сите парови на јазлите на графот:

Алгоритам Флојд-Варшал - го решава проблемот за наоѓање најкраток пат меѓу сите парови на точките на графот.

Алгоритам Џонсон - го решава проблемот за наоѓање најкраток пат меѓу јазлите на графот (со помал број гранки) [36,37,38].

4.2 Алгоритам Дајкстра

Името е според холандскиот научник во полето на математика и информатиката (Edsger W. Dijkstra 1930 – 2002).

Логиката на функционирање на алгоритмот Дајкстра е:

- Постепено го формира стеблото со јазли и гранки на определениот граф земајќи основа од изворното теме (source). За секој јазол (u) се одржува покажувачото родител (parent pointer) $\pi[u]$ и полето дистанца $d[u]$ која се мери од изворот s .
- Алгоритмот го одржува множеството Q каде што се јазлите кои не се посетени.
- Алгоритмот го одржува множеството S каде што се јазлите кои се споредени и се со минимална вредност од изворот. Ова множество постојано се зголемува сè додека кај множеството Q нема ниту една точка или јазол.
- На почетокот сите поинтери родител ќе се стават во NIL (недефинирани) $\pi[v] \leftarrow \text{NIL}$ и темињата се непосетени ∞ $d[v] \leftarrow 0$, а множеството S на почетокот е празно $S \leftarrow \emptyset$, множеството Q ги има сите непосетени точки $Q \leftarrow V[G]$. На почетокот немаме ниту една информација за јазлите (точките)

на графот. Ја знаеме само изворната точка која е позната и на другата страна ги имаме другите јазли на графот што според приоритетен редослед ќе се посетат.

- Секоја точка од графот се става во приоритетниот ред секвенцијално $u \leftarrow \text{Extract_Min}(Q)$ и оваа точка (u) ја додаваме во множеството $S \leftarrow S \cup \{u\}$.
- Во продолжение за секој сосед од новодобиената точка (јазол) правиме подобро пресметуваме од ова што го имаме. Тоа се прави на начин што добиената вредност ја споредуваме со дистанцата $d[u]$ и со тежината на гранките меѓу u и v $w[(u,v)]$ и ако оваа вредност е помала од постојната тогаш се заменува. Постои можност кога не се посетени сите јазли на графот да не го добиеме најкраткиот пат од изворот на одредениот јазол, но со посетеноста на сите темиња и со споредувањето на вредностите мора да го имаме најкраткиот пат. Псевдокодот на алгоритмот Дајкстра е :

Function Dijkstra(G, w, s)

For each vertex v in $V[G]$

$d[v] \leftarrow \infty$

$\pi[v] \leftarrow \text{NIL}$

$D[s] \leftarrow 0$

$s \leftarrow \emptyset$

$Q \leftarrow V[G]$

While Q is not \emptyset

$u \leftarrow \text{Extract_Min}(Q)$

$s \leftarrow s \cup \{u\}$

for each v adjacent to u

if $d[u] + w(u,v) < d[v]$

$d[v] \leftarrow d[u] + w(u,v)$

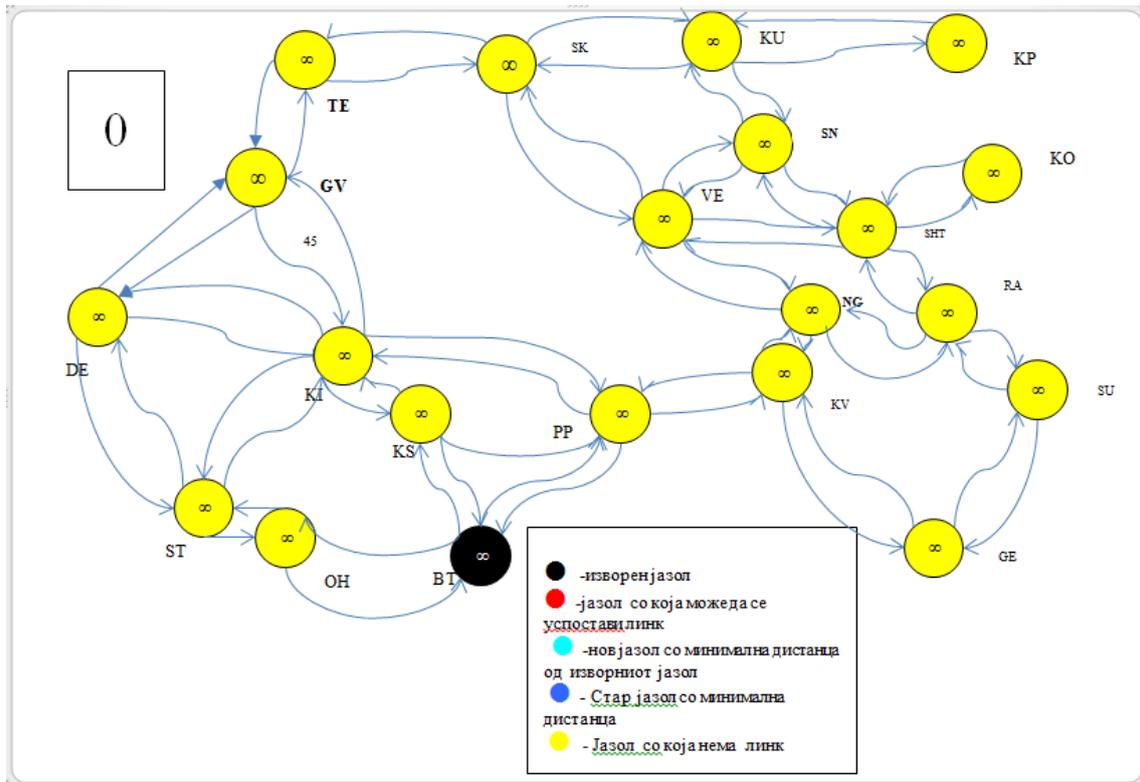
$\pi[v] \leftarrow u$

Алгоритмот Дајкстра практично се аплицира и во овој наш случај за анализа на комуникациска мрежа, конкретно за наоѓање на пократкиот пат меѓу темињата на графот. Креиран е еден граф со 21 јазол и со неколку линкови (гранки) меѓу јазлите. Јазлите на графот се претпоставени како градови на еден регион. Претпоставените гранки на овој граф немаат негативна тежина, па затоа

може да се користи алгоритмот Дајкстра за наоѓање на најкраткиот пат од едно теме (source) со другите темиња на графот. Претпоставиме дека на секоја точка на графот е поставен рутер кој ги обработува податоците на линковите (гранките) и со тоа креираат база на податоци за состојбата на линковите (Link-state database-LSDB). Секој рутер има информација за соседниот рутер и за другите рутери и применува алгоритам Дајкстра. Добиените податоци за најкратката рута (најевтина) се регистрираат на табелата на рутирање која се вика база на податоци за испраќање (Forwardin Database). Рутерот исто така поседува база на податоци на соседните рутери (Adjacency Database) каде што се чуваат табели со податоци на рутерите со кои е воспоставена двојна комуникација. Од поголемите градови креиран е граф со овие темиња: **ST**(Струга), **OH**(Охрид), **BT**(Битола), **DE**(Дебар), **KI**(Кичево), **KS**(Крушево),**PP** (прилеп),**GV**(Гостивар), **TE**(Тетово), **SK**(Скопје), **KU**(Куманово), **KP**(Крива Паланка), **SN**(Свети Николе), **SHT**(Штип), **VE**(Велес), **KO**(Кочани), **RA**(Радовиш), **NG**(Неготина), **KV**(Кавадарци), **SU**(Струмица), **GV**(Гевгелија).

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОЌ

Во продолжение е направен еден симулиран граф со 21 јазли преставени како градови.



Табелата на рутирање (Forwardin Database) за овој граф се гледа во продолжение, а секоја колона на табелата поседува податоци од соседните рутери (Adjacency Database).

ST	OH	BT	DE	KI	KS	PP	GV	TE	SK	KU	KP	SN	SHT	VE	KO	RA	NG	KV	SU	GE
OH/13	ST/13	KS/38	ST/40	DE/35	PP/25	KI/53	KI/32	GV/25	KU/25	SK/25	KU/52	KU/35	SN/25	SK/42	SHT/27	SHT/25	KV/9	NG/9	RA/28	KV/53
KI/45	BT/46	PP/40	KI/35	KS/31	BT/38	KS/25	DE/43	SK/30	VE/42	KP/52		VE/22	VE/33	SN/22		NG/35	RA/35	PP/38	GE/35	SU/35
DE/40		OH/46	GV/43	GV/32	KI/31	BT/40	TE/25		TE/30	SN/35		SHT/25	KO/27	SHT/33		SU/28	VE/37	GE/53		
				ST/45		KV/38								RA/25	NG/37					
				PP/53																

Табела 10. Табела на рутирање

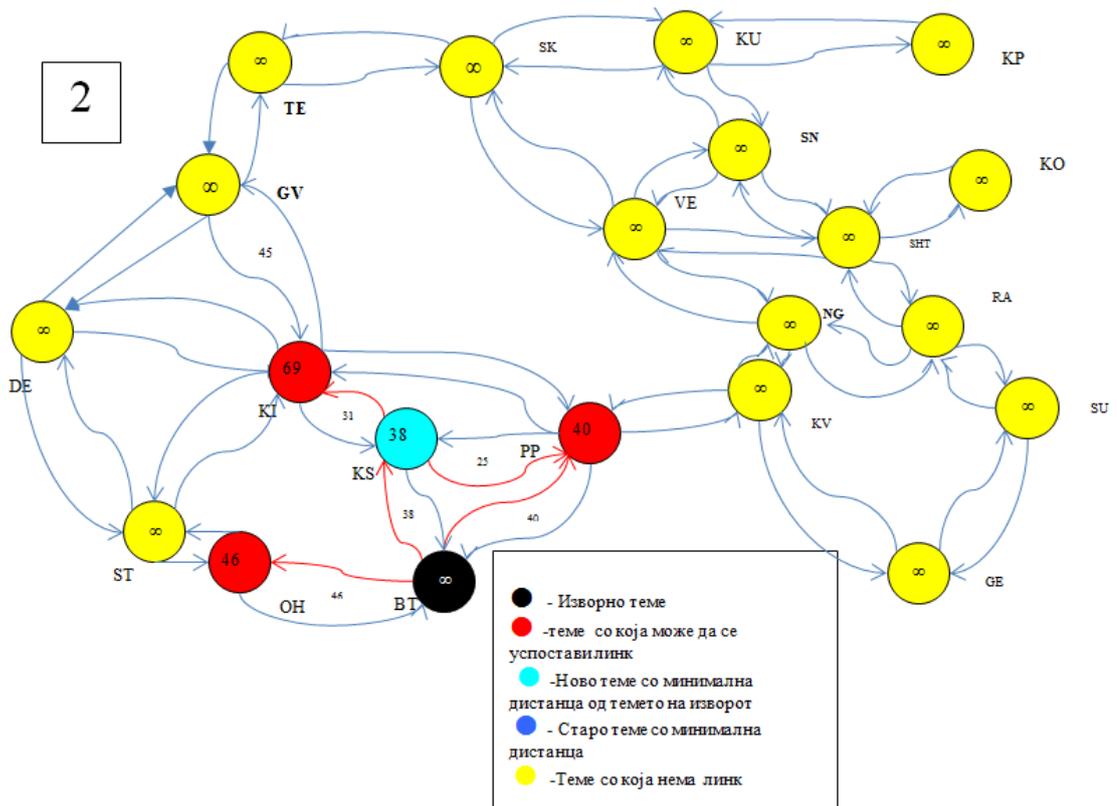
На почетокот множеството $S = \emptyset$ што значи дека алгоритмот Дајкстра е на почетокот на работа и нема најдено ни едно решение (Short path), па затоа множеството S е празно. Алгоритмот ќе работи додека множеството $Q = \{ST, OH, BT, DE, KI, KS, PP, GV, TE, SK, KU, KP, SN, SHT, VE, KO, RA, NG, KV, SU, GE\}$ нема да биде празно $Q \neq \emptyset$;

$$S = \emptyset$$

$$Q = \{ST, OH, BT, DE, KI, KS, PP, GV, TE, SK, KU, KP, SN, SHT, VE, KO, RA, NG, KV, SU, GE\}$$

While Q is not \emptyset

$$U = \text{extract_Min}(Q)$$



$S = \{BT, KS\}$

$Q = \{ST, OH, DE, KI, PP, GV, TE, SK, KU, KP, SN, SHT, VE, KO, RA, NG, KV, SU, GE\}$

For each v adjacent to u

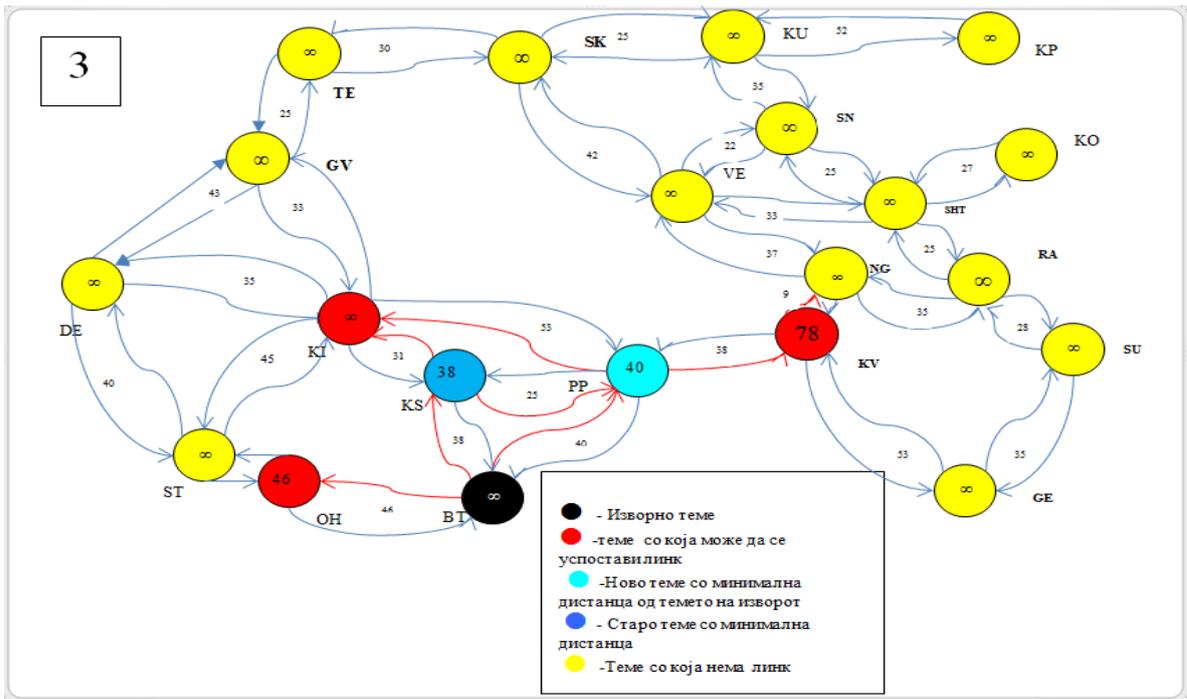
Relax (u, v, w)

$u = \text{extract_Min}(Q)$

$S = S \cup \{u\}$

Во следниот чекор точката KS со минимална дистанца се обележува со ● - Старата точка е со минимална дистанца и од тука со постигнатите јазли се обележуваат со црвена боја заедно со стрелките. Сега од обележаните црвени јазли се бара јазол со минимална дистанца и се обележува со нова боја ● - Нова точка со минимална дистанца од точката на изворот. Во конкретниот случај е $PP=25$.

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОЌ



S={BT,KS,PP}

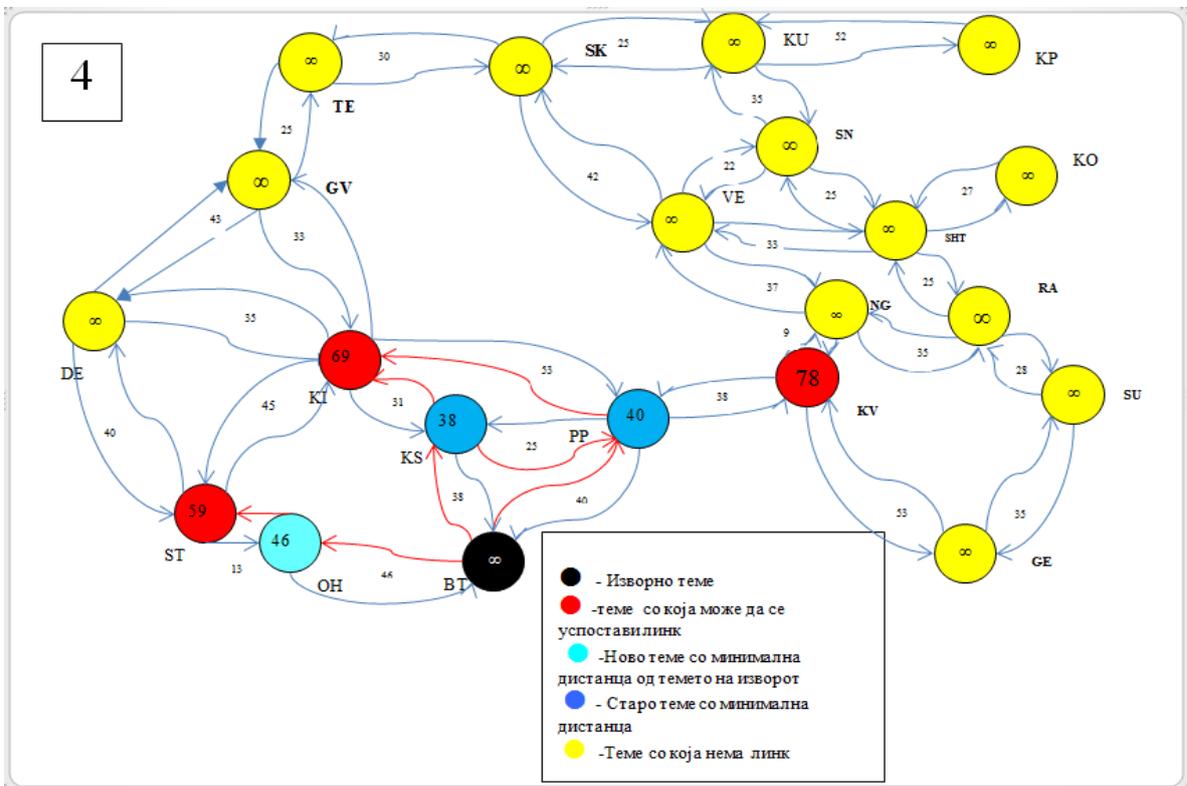
Q={ ST,OH,DE,KI,GV,TE,SK,KU,KP,SN,SHT,VE,KO,RA,NG,KV,SU,GE }

For each v adjacent to u

Relex (u,v,w)

u= extract_Min(Q)

S=S{u}

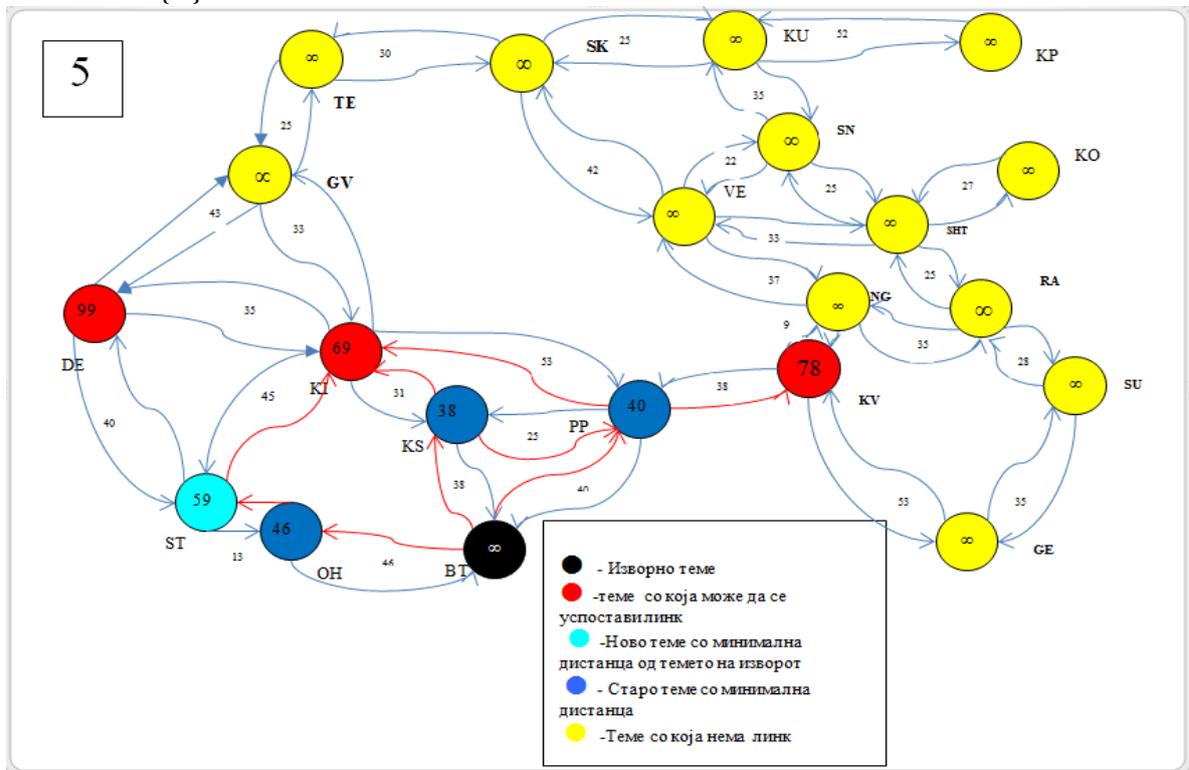


S={BT,KS,PP,OH}

Q={ ST,DE,KI,GV,TE,SK,KU,KP,SN,SHT,VE,KO,RA,KV,NG,SU,GE }

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОЌ

For each v adjacent to u
 Relex (u,v,w)
 u= extract_Min(Q)
 S=S{u}

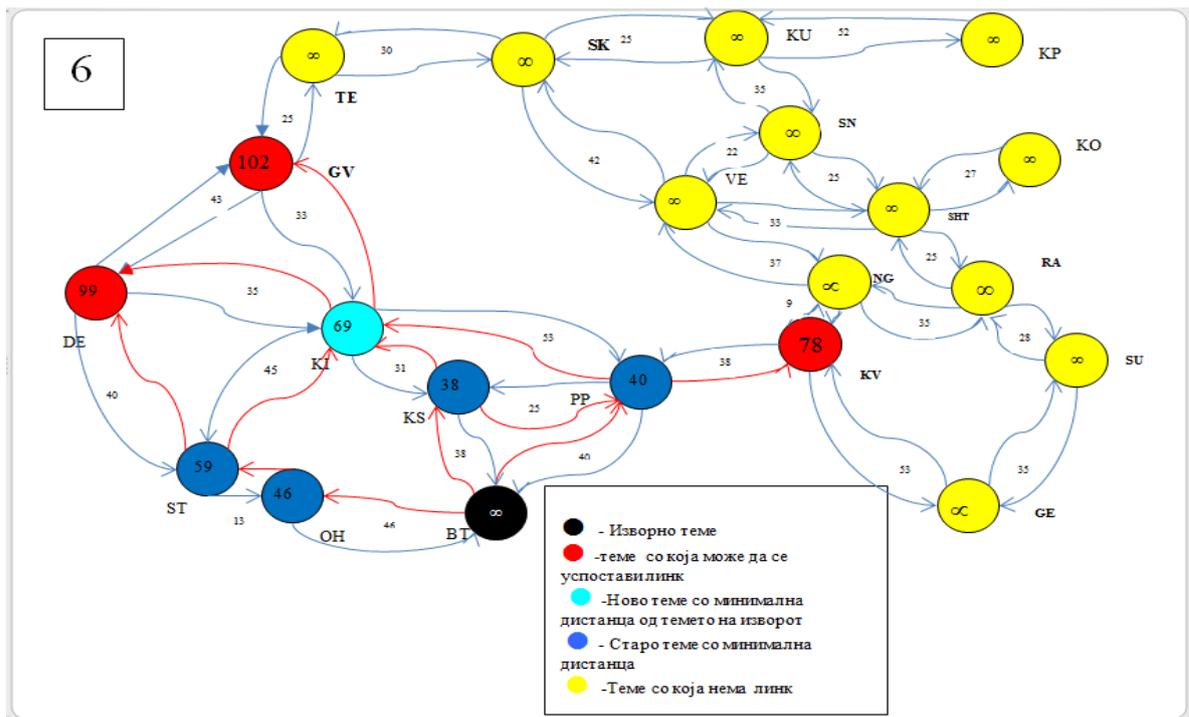


S={BT,KS,PP,OH,ST }

Q={ DE,GV,KI ,TE,SK,KU,KP,SN,SHT,VE,KO,KV,NG,RA,SU,GE }

For each v adjacent to u
 Relex (u,v,w)
 u= extract_Min(Q)
 S=S{u}

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОЌ



$S = \{BT, KS, PP, OH, ST, KI\}$

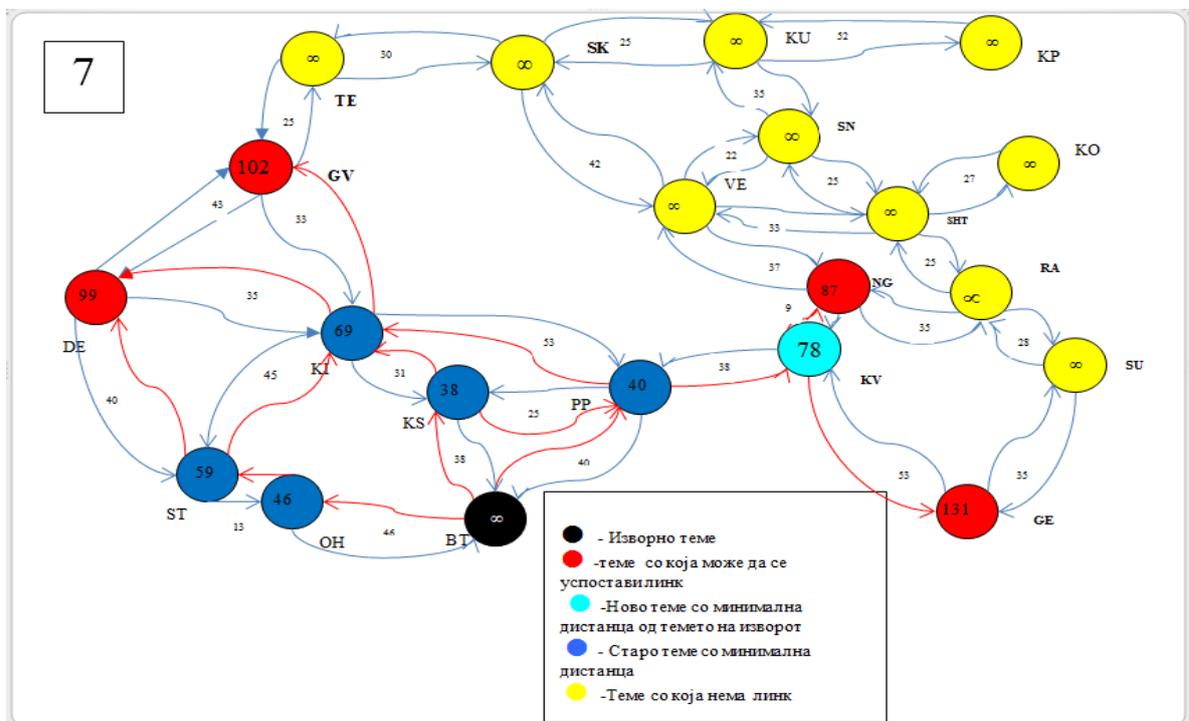
$Q = \{GV, DE, TE, SK, KU, KP, SN, SHT, VE, KV, KO, NG, RA, SU, GE\}$

For each v adjacent to u

Relax (u, v, w)

$u = \text{extract_Min}(Q)$

$S = S \cup \{u\}$



$S = \{BT, KS, PP, OH, ST, KI, KV\}$

$Q = \{GV, DE, TE, SK, KU, KP, SN, SHT, NG, VE, KO, RA, SU, GE\}$

For each v adjacent to u

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОЌ

$S = \{ BT, KS, PP, OH, ST, KI, KV, NG, DE, GV, RA, \}$

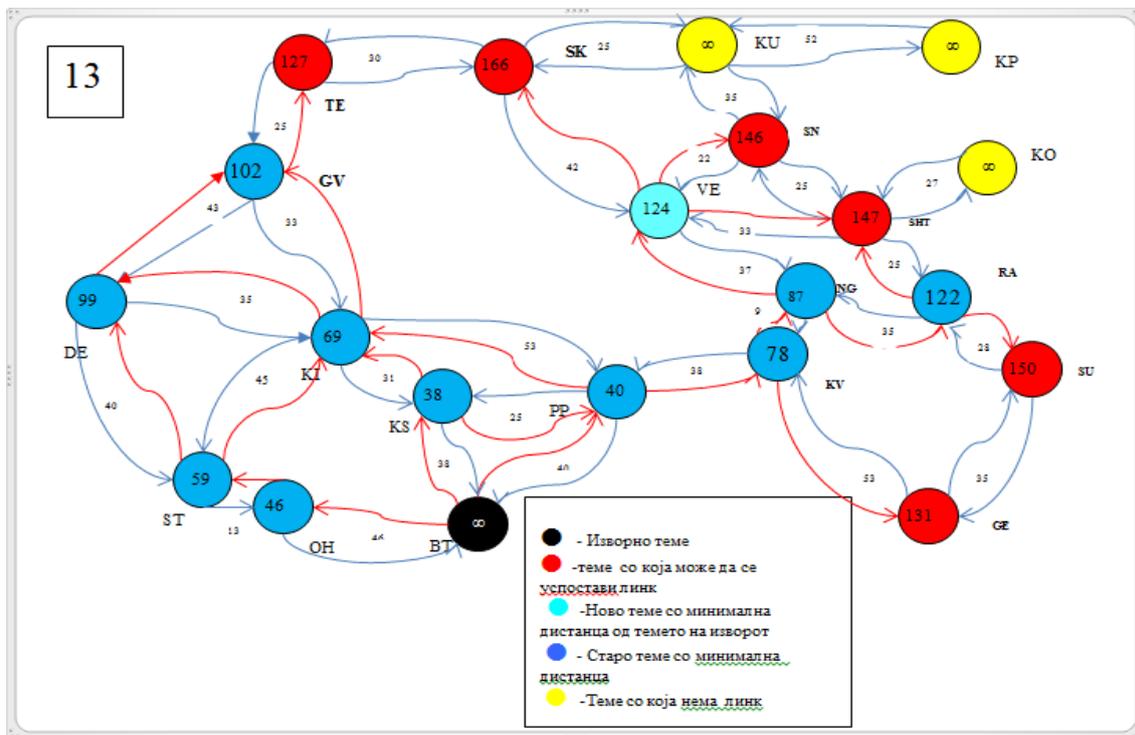
$Q = \{ TE, SK, KU, KP, SN, SHT, VE, KO, SU, GE \}$

For each v adjacent to u

Relax (u, v, w)

$u = \text{extract_Min}(Q)$

$S = S \cup \{u\}$



$S = \{ BT, KS, PP, OH, ST, KI, KV, NG, DE, GV, RA, VE, \}$

$Q = \{ TE, SK, KU, KP, SN, SHT, KO, SU, GE \}$

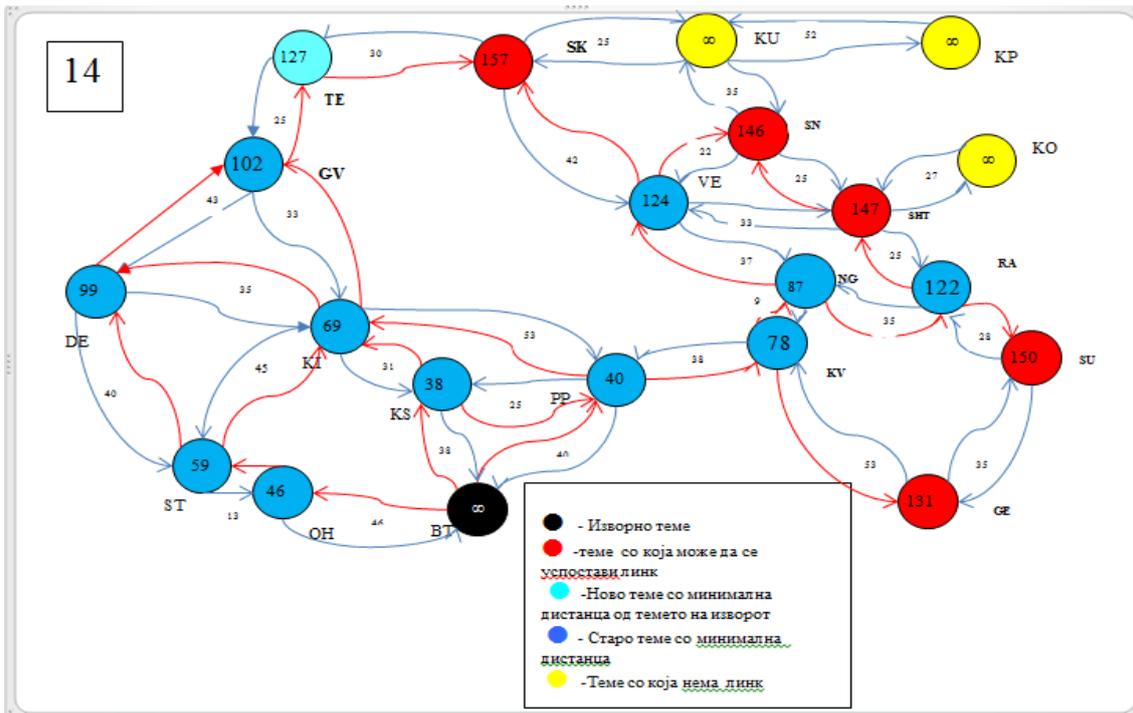
For each v adjacent to u

Relax (u, v, w)

$u = \text{extract_Min}(Q)$

$S = S \cup \{u\}$

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОЌ



$S = \{ BT, KS, PP, OH, ST, KI, KV, NG, DE, GV, RA, VE, TE, \}$

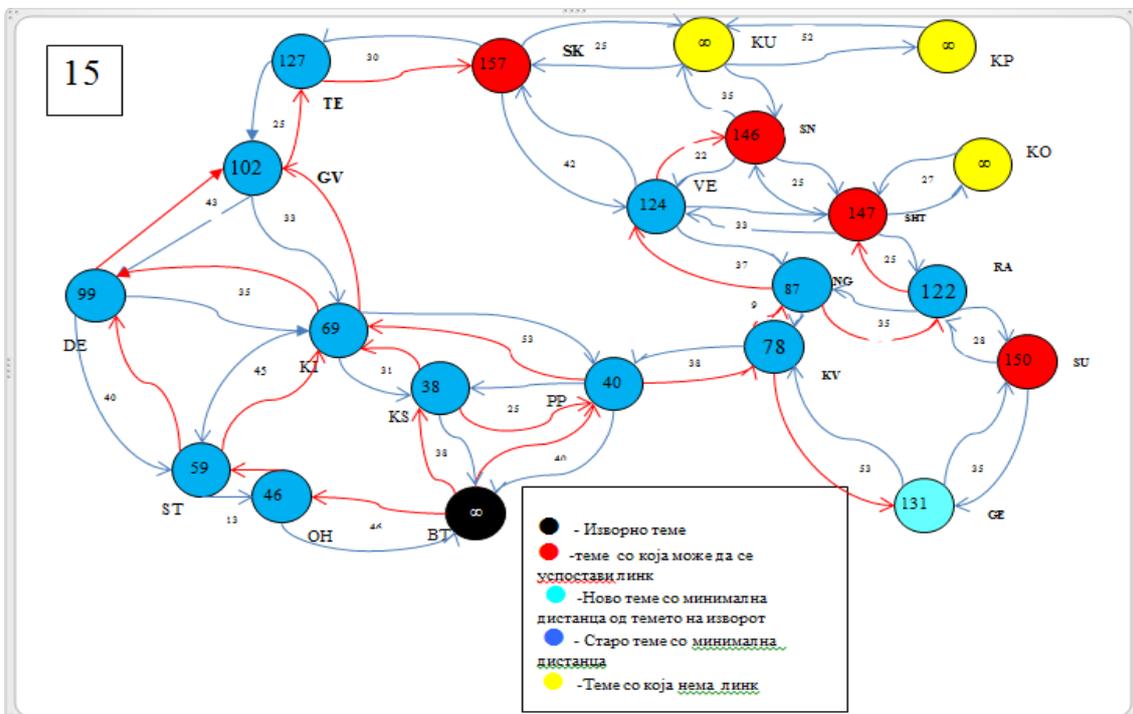
$Q = \{ SK, KU, KP, SN, SHT, KO, SU, GE \}$

For each v adjacent to u

Relax (u, v, w)

$u = \text{extract_Min}(Q)$

$S = S \cup \{u\}$



$S = \{ BT, KS, PP, OH, ST, KI, KV, NG, DE, GV, RA, VE, TE, GE \}$

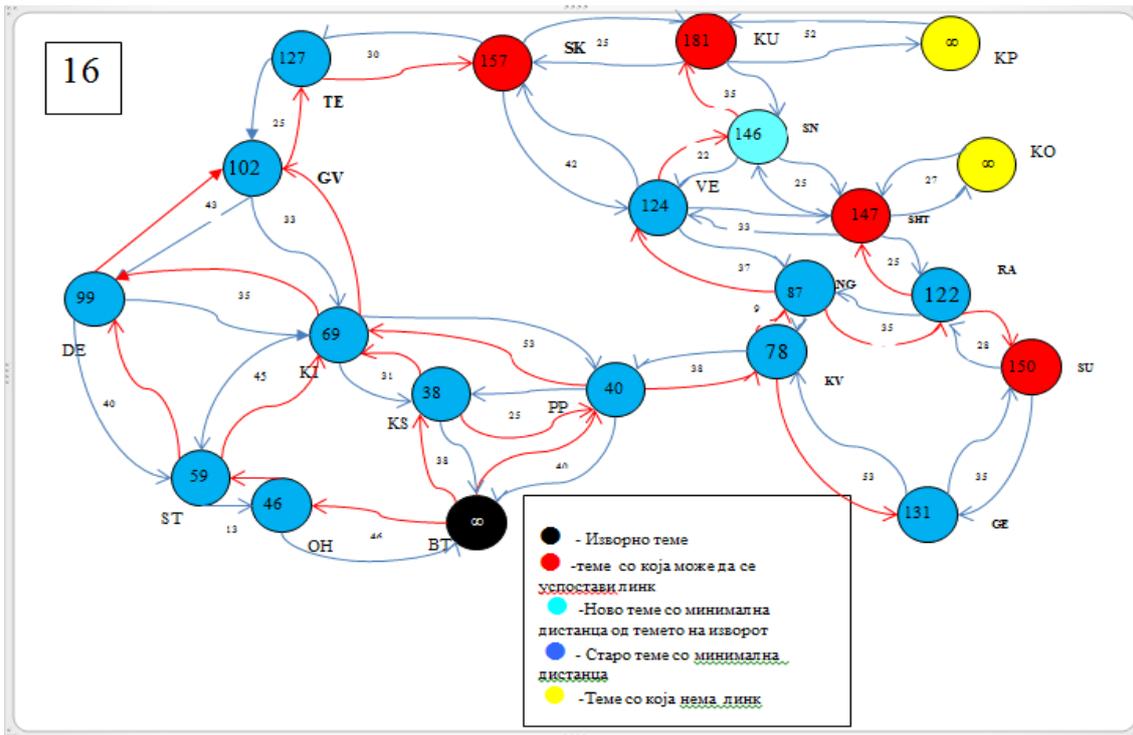
$Q = \{ SK, KU, KP, SN, SHT, KO, SU \}$

For each v adjacent to u

Relax (u, v, w)

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОЌ

u= extract_Min(Q)
S=S{u}



S={BT,KS,PP,OH,ST,KI,KV,NG,DE,GV,RA,VE,TE,GE,SN,}

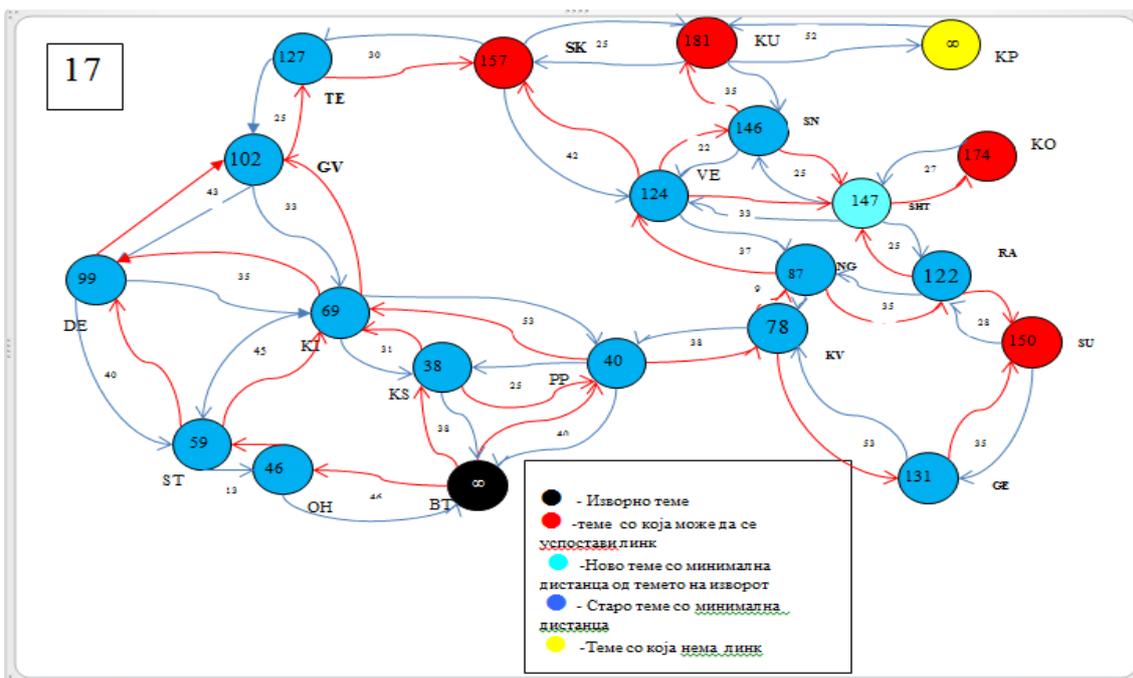
Q={ SK,KU,KP,SHT,KO,SU }

For each v adjacent to u

Relex (u,v,w)

u= extract_Min(Q)

S=S{u}

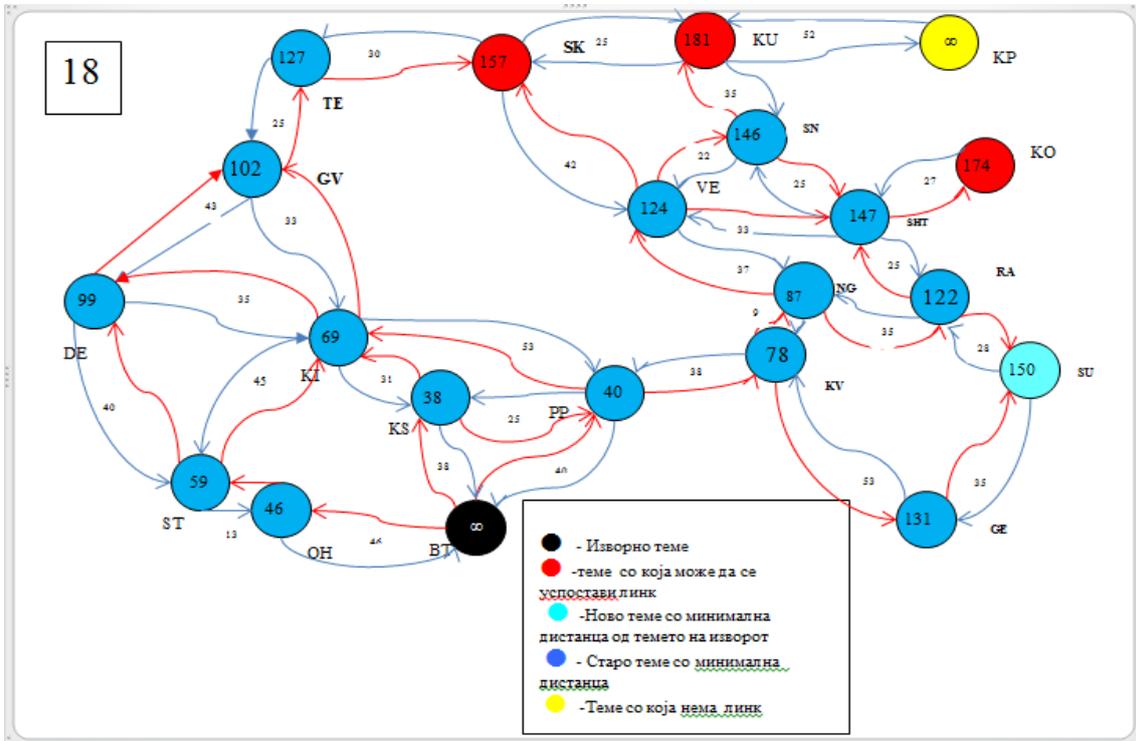


S={BT,KS,PP,OH,ST,KI,KV,NG,DE,GV,RA,VE,TE,GE,SN,SHT, }

Q={ SK,KU,KP,KO,SU }

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОЌ

For each v adjacent to u
 Relex (u,v,w)
 u= extract_Min(Q)
 S=S{u}



S={BT,KS,PP,OH,ST,KI,KV,NG,DE,GV,RA,VE,TE,GE,SN,SHT,SU }

Q={ SK,KU,KP,KO, }

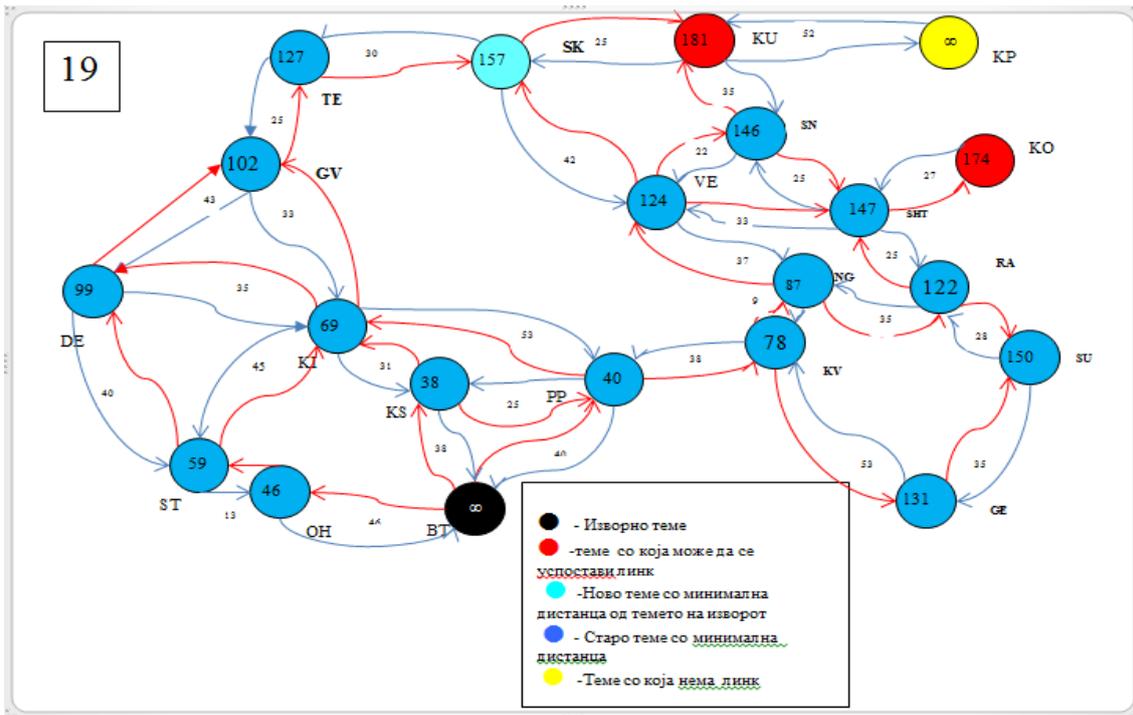
For each v adjacent to u

Relex (u,v,w)

u= extract_Min(Q)

S=S{u}

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОЌ



$S = \{BT, KS, PP, OH, ST, KI, KV, NG, DE, GV, RA, VE, TE, GE, SN, SHT, SU, SK\}$

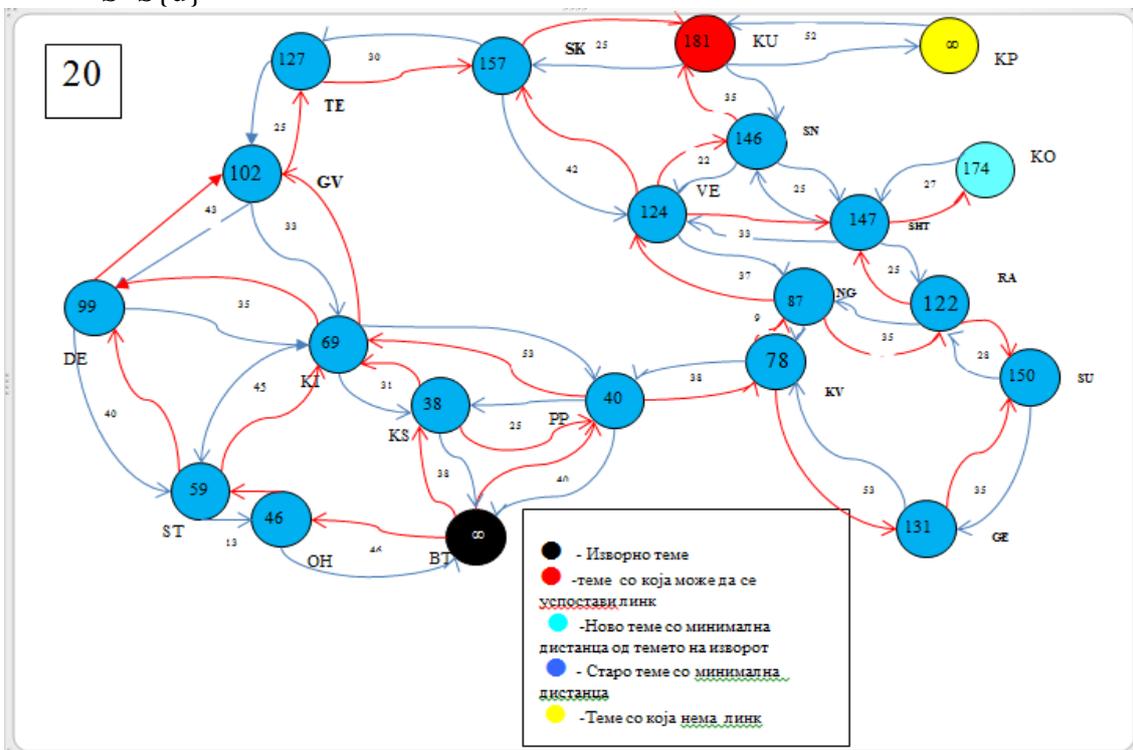
$Q = \{KU, KP, KO, \}$

For each v adjacent to u

Relex (u, v, w)

$u = \text{extract_Min}(Q)$

$S = S \cup \{u\}$



$S = \{BT, KS, PP, OH, ST, KI, KV, NG, DE, GV, RA, VE, TE, GE, SN, SHT, SU, SK, KO, \}$

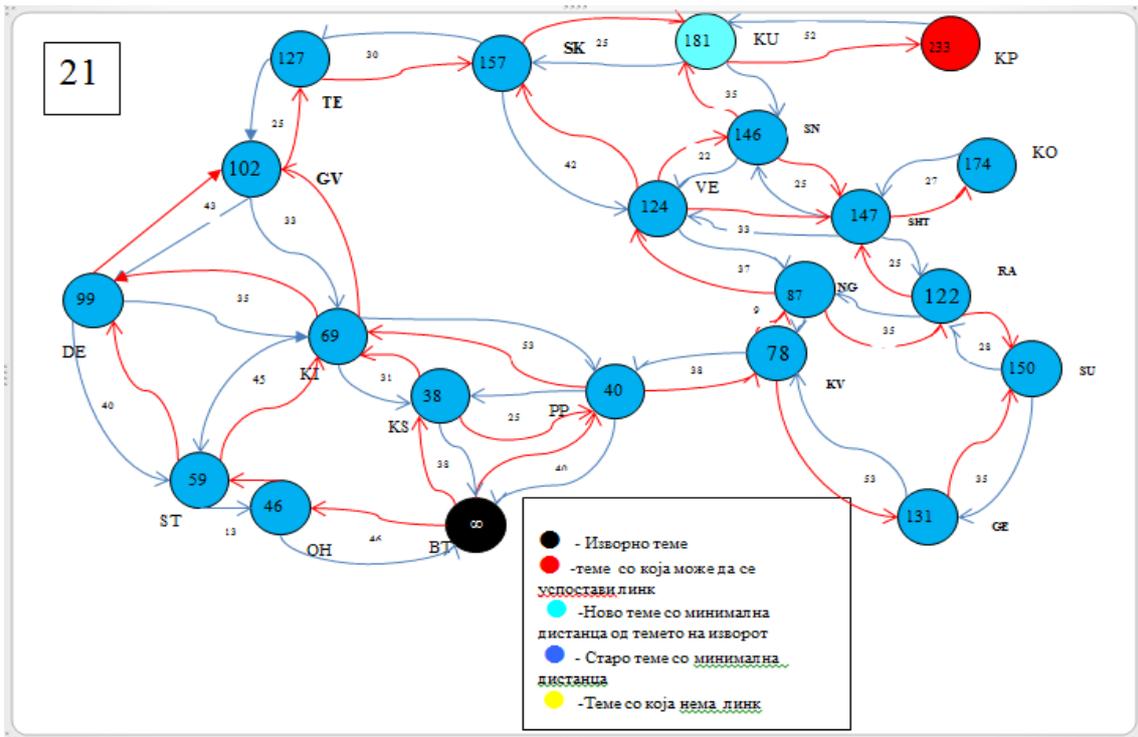
$Q = \{KU, KP, \}$

For each v adjacent to u

Relex (u, v, w)

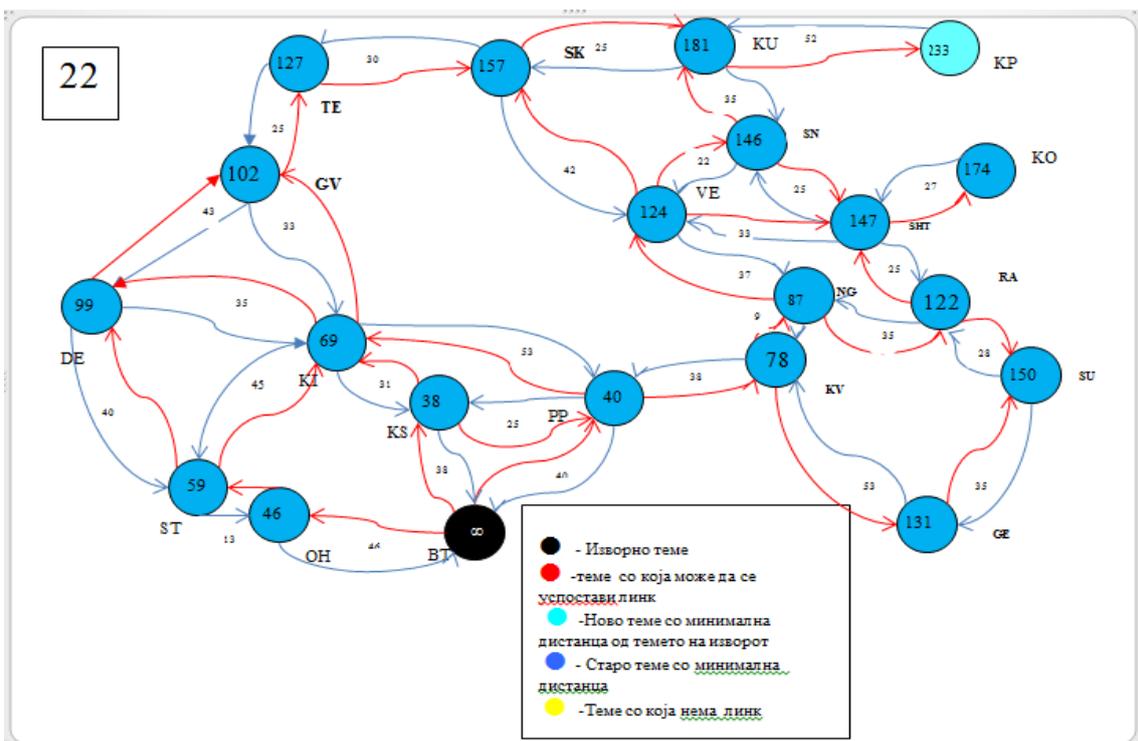
4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОЌ

u= extract_Min(Q)
S=S{u}



S={BT,KS,PP,OH,ST,KI,KV,NG,DE,GV,RA,VE,TE,GE,SN,SHT,SU,SK,KO,KU, }
Q={ KP, }

For each v adjacent to u
Relex (u,v,w)
u= extract_Min(Q)
S=S{u}



4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОЌ

$S = \{BT, KS, PP, OH, ST, KI, KV, NG, DE, GV, RA, VE, TE, GE, SN, SHT, SU, SK, KO, KU, KP\}$

$Q = \{\emptyset\}$

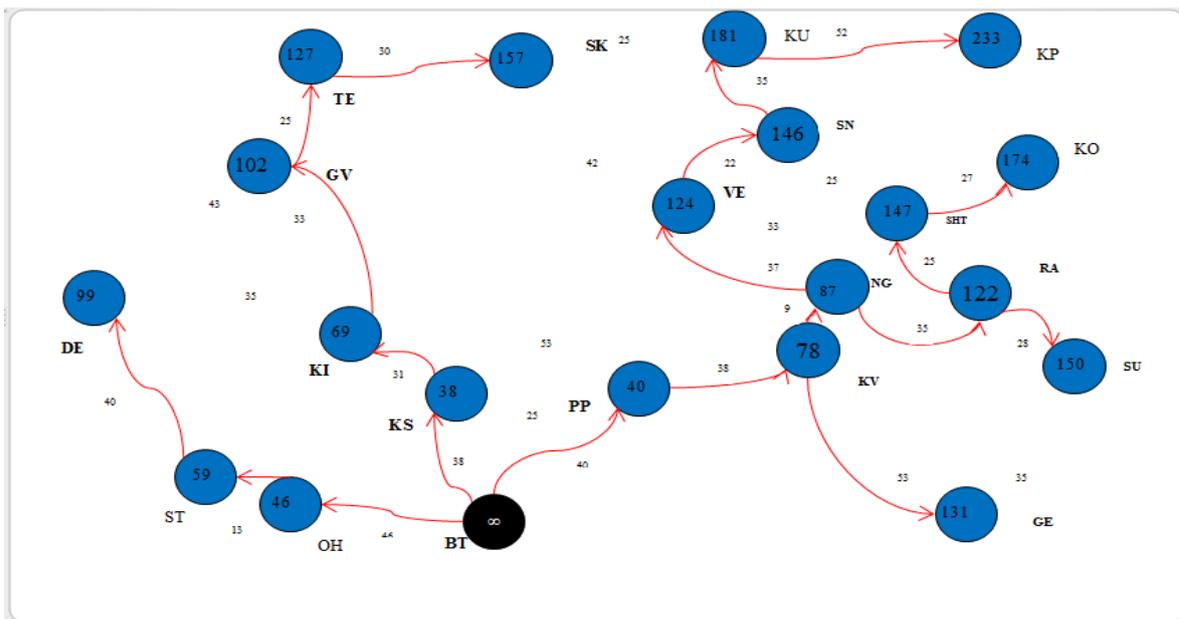
For each v adjacent to u

Relex (u, v, w)

$u = \text{extract_Min}(Q)$

$S = S \cup \{u\}$

По завршувањето на алгоритмот ќе ги имаме кратките патишта од изворниот јазол (точка) BT до сите јазли како што се гледа во продолжение.



Слика 5 Најкраток пат од темето BT до сите други темиња

Во табелата што следува ги гледаме чекорите на алгоритмот Дајкстра за дадениот граф од изворната точка BT. Секое поле ги покажува пресметаната вредност на најкраткиот пат (short path) и „родителот“. Полето со сина боја ги покажува членовите на множеството (S) кои претставуваат решенијата за наоѓање на најкраткиот пат.

Чекор	BT	KS	PP	OH	ST	KI	KV	NG	DE	GV	RA	VE	TE	GE	SN	SHT	SU	SK	KO	KU	KP
0	0/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL								
1	0/NIL	38/BT	40/BT	46/BT	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL
2	0/NIL	38/BT	40/BT	46/BT	∞/NIL	69/BT	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL
3	0/NIL	38/BT	40/BT	46/BT	∞/NIL	69/BT	78/BT	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL
4	0/NIL	38/BT	40/BT	46/BT	59/BT	69/BT	78/BT	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL
5	0/NIL	38/BT	40/BT	46/BT	59/BT	69/BT	78/BT	∞/NIL	99/BT	∞/NIL											
6	0/NIL	38/BT	40/BT	46/BT	59/BT	69/BT	78/BT	∞/NIL	99/BT	102/BT	∞/NIL										
7	0/NIL	38/BT	40/BT	46/BT	59/BT	69/BT	78/BT	87/BT	99/BT	102/BT	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	131/BT	∞/NIL						
8	0/NIL	38/BT	40/BT	46/BT	59/BT	69/BT	78/BT	87/BT	99/BT	102/BT	122/BT	124/BT	∞/NIL	131/BT	∞/NIL						
9	0/NIL	38/BT	40/BT	46/BT	59/BT	69/BT	78/BT	87/BT	99/BT	102/BT	122/BT	124/BT	∞/NIL	131/BT	∞/NIL						
10	0/NIL	38/BT	40/BT	46/BT	59/BT	69/BT	78/BT	87/BT	99/BT	102/BT	122/BT	124/BT	127/BT	131/BT	∞/NIL						
11	0/NIL	38/BT	40/BT	46/BT	59/BT	69/BT	78/BT	87/BT	99/BT	102/BT	122/BT	124/BT	127/BT	131/BT	∞/NIL	147/BT	150/BT	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL
12	0/NIL	38/BT	40/BT	46/BT	59/BT	69/BT	78/BT	87/BT	99/BT	102/BT	122/BT	124/BT	127/BT	131/BT	146/BT	147/BT	150/BT	166/BT	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL
13	0/NIL	38/BT	40/BT	46/BT	59/BT	69/BT	78/BT	87/BT	99/BT	102/BT	122/BT	124/BT	127/BT	131/BT	146/BT	147/BT	150/BT	157/BT	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL
14	0/NIL	38/BT	40/BT	46/BT	59/BT	69/BT	78/BT	87/BT	99/BT	102/BT	122/BT	124/BT	127/BT	131/BT	146/BT	147/BT	150/BT	157/BT	∞/NIL	∞/NIL	∞/NIL
15	0/NIL	38/BT	40/BT	46/BT	59/BT	69/BT	78/BT	87/BT	99/BT	102/BT	122/BT	124/BT	127/BT	131/BT	146/BT	147/BT	150/BT	157/BT	∞/NIL	181/BT	∞/NIL
16	0/NIL	38/BT	40/BT	46/BT	59/BT	69/BT	78/BT	87/BT	99/BT	102/BT	122/BT	124/BT	127/BT	131/BT	146/BT	147/BT	150/BT	157/BT	174/BT	181/BT	∞/NIL
17	0/NIL	38/BT	40/BT	46/BT	59/BT	69/BT	78/BT	87/BT	99/BT	102/BT	122/BT	124/BT	127/BT	131/BT	146/BT	147/BT	150/BT	157/BT	174/BT	181/BT	∞/NIL
18	0/NIL	38/BT	40/BT	46/BT	59/BT	69/BT	78/BT	87/BT	99/BT	102/BT	122/BT	124/BT	127/BT	131/BT	146/BT	147/BT	150/BT	157/BT	174/BT	182/BT	∞/NIL
19	0/NIL	38/BT	40/BT	46/BT	59/BT	69/BT	78/BT	87/BT	99/BT	102/BT	122/BT	124/BT	127/BT	131/BT	146/BT	147/BT	150/BT	157/BT	174/BT	182/BT	∞/NIL
20	0/NIL	38/BT	40/BT	46/BT	59/BT	69/BT	78/BT	87/BT	99/BT	102/BT	122/BT	124/BT	127/BT	131/BT	146/BT	147/BT	150/BT	157/BT	174/BT	181/BT	233/BT
21	0/NIL	38/BT	40/BT	46/BT	59/BT	69/BT	78/BT	87/BT	99/BT	102/BT	122/BT	124/BT	127/BT	131/BT	146/BT	147/BT	150/BT	157/BT	174/BT	181/BT	233/BT

Табела 11. Чекори на алгоритмот Дајкстра

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОЌ

Во последниот чекор ги имаме пократките патишта од точката ВТ до сите други темиња.

чекор	BT	KS	PP	OH	ST	KI	KV	NG	DE	GV	RA	VE	TE	GE	SN	SHT	SU	SK	KO	KU	KP
21	0/NIL	38/BT	40/BT	46/BT	59/BT	69/BT	78/BT	87/BT	99/BT	102/BT	122/BT	124/BT	127/BT	131/BT	146/BT	147/BT	150/BT	157/BT	174/BT	181/BT	233/BT

Tabela 12. Пократките патишта со Дајкстра

Од последната табела може да се креира конечна табела за пресметување на краток пат меѓу јазлите односно градовите според алгоритмот Дајкстра.

Изворен Јазол	Дестинација	Дистанца	Рута
Битола	Крушево	38	Битола-Крушево
Битола	Прилеп	40	Битола-Прилеп
Битола	Охрид	46	Битола-Охрид
Битола	Струга	59	Битола-Охрид-Струга
Битола	Кичево	69	Битола-Крушево-Кичево
Битола	Кавадарци	78	Битола-Прилеп-Кавадарци
Битола	Неготино	87	Битола-Прилеп-Кавадарци-Неготино
Битола	Дебар	99	Битола-Охрид-Струга-Дебар
Битола	Гостивар	102	Битола-Крушево-Кичево-Гостива
Битола	Радовиш	122	Битола-Прилеп-Кавадарци-Неготино-Радовиш
Битола	Велес	124	Битола-Прилеп-Кавадарци-Неготино-Велес
Битола	Тетово	127	Битола-Крушево-Кичево-Гостива-Тетово
Битола	Гевгелија	131	Битола-Прилеп-Кавадарци-Гевгелија
Битола	Свети Николе	146	Битола-Прилеп-Кавадарци-Неготино-Велес-Свети Николе
Битола	Штип	147	Битола-Прилеп-Кавадарци-Неготино-Радовиш-Штип
Битола	Струмица	150	Битола-Прилеп-Кавадарци-Неготино-Радовиш-Струмица
Битола	Скопје	157	Битола-Крушево-Кичево-Гостива-Тетово-Скопје
Битола	Кочани	174	Битола-Прилеп-Кавадарци-Неготино-Радовиш-Штип-Кочани
Битола	Куманово	181	Битола-Прилеп-Кавадарци-Неготино-Велес-Свети Николе-Куманово
Битола	Крива Паланка	233	Битола-Прилеп-Кавадарци-Неготино-Велес-Свети Николе-Куманово-КП

Tabela 13. Најкраток пат и рута со Дајкстра

4.3 Алгоритмот Флојд-Воршал (Floyd-Warshall)

Алгоритмот Флојд-Воршал е наменет за наоѓање на најкраткиот пат, за сите парови на јазлите (точките) на еден граф. Алгоритмот работи преку матрици.

Нека се јазлите на графот G , $V = \{1, 2, 3, \dots, n\}$ и нека се $\{1, 2, \dots, k\}$ подмножество на V , за некоја k . За секоја јазол (точка) $i, j \in V$, се испитуваат сите

патишта од i до j , од каде што може да ги добиеме јазлите $\{1,2,\dots,k\}$, нека e p најкраткиот пат меѓу овие јазли. Сега имаме две можности (случаи):

Ако k не е во p , тогаш најкраткиот пат меѓу i и j , кој поминува низ јазлите на множеството $\{1,2,\dots,k-1\}$, истовремено е најкраток пат на јазлите на множеството $\{1,2,\dots,k\}$.

Ако k е во p , тогаш p може да се дели на p_1 и p_2 , при што p_1 е најкраток пат од i до k , кој поминува низ јазлите од множеството $\{1,2,\dots,k-1\}$ и p_2 , најкраткиот пат од k до j , кој поминува низ јазлите од множеството $1,2,\dots,k-1$.

4.4 Опишување на алгоритмот Флојд-Воршал

Нека е A_k матрица од типот $n \times n$, каде $A_k[i,j]$ е тежината на најкраткиот пат од i до j , која поминува низ јазлите $\leq k$. За овој случај дефинираме:

$$A_0[i,j] = \begin{cases} 0 & \text{ако } i = j \\ \text{тежината на гранките од } i \text{ до } j & \text{за } i \neq j \text{ и } (i,j) \in E \\ \infty & \text{ако } i \neq j \text{ и } (i,j) \notin E \end{cases}$$

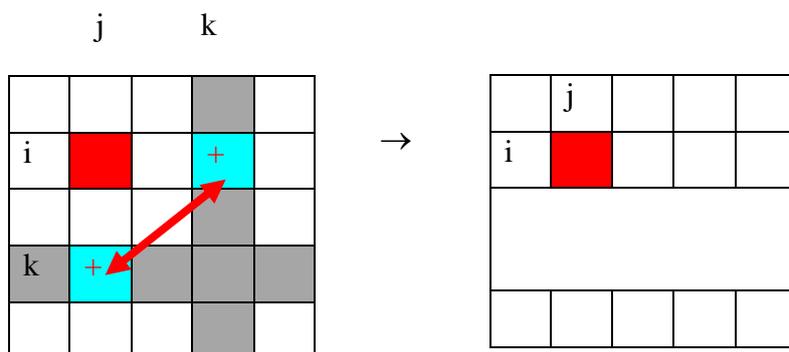
Ја испитуваме најкраткиот пат p од i до j , која поминува низ јазлите $1..k$. За патот p важи една од двете можности:

- Патот p не поминува низ k и на овој случај патот е $A_{k-1}[i,j]$.
- Патот p поминува низ k и на овој случај тежината на патот е $A_{k-1}[i,k]+A_{k-1}[k,j]$.

Тогаш имаме :

$$A_k[i,j] = \min(A_{k-1}[i,j], A_{k-1}[i,k] + A_{k-1}[k,j])$$

Графички ова е опишано во продолжение :



Слика 6. Флојд-Воршал, p во k

Битно е да се напомене дека секој од A_k зависи од вредноста на редот k и колоната k во A_{k-1} . Друга битна особина е дека вредноста на елементите на редот k и колоната k во A_k се еднакви со A_{k-1} може да се провери.

За редот k имаме:

$$A_k[k,j] = \min\{A_{k-1}[k,j], A_{k-1}[k,k] + A_{k-1}[k,j]\}$$

$$= \min\{A_{k-1}[k,j], 0 + A_{k-1}[k,j]\}$$

$$= A_{k-1}[k,j]$$

За колоната k имаме:

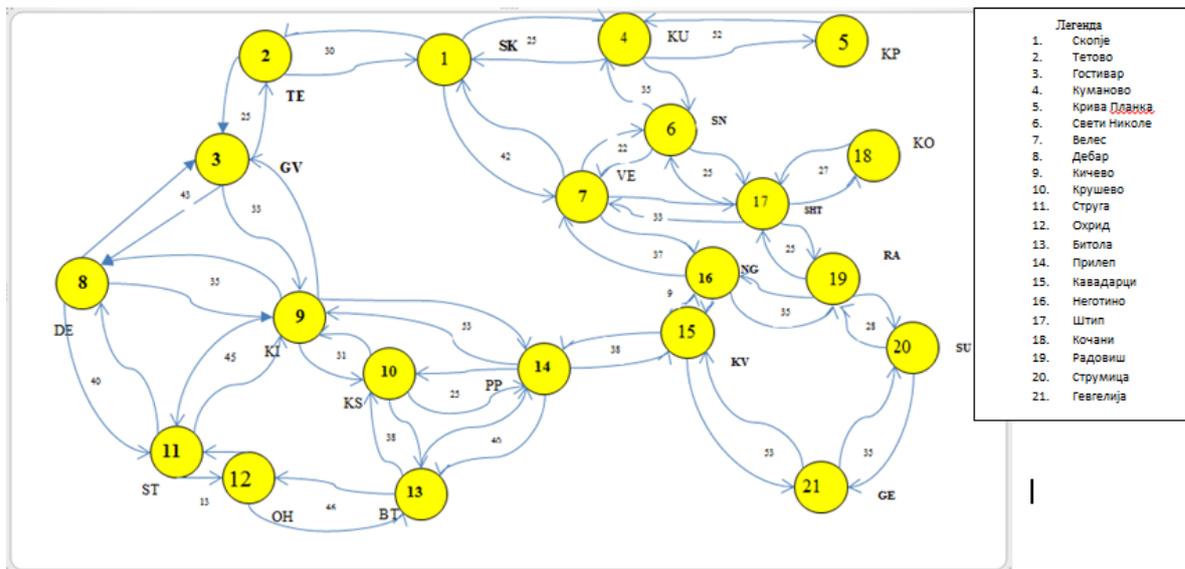
$$A_k[i,k] = \min\{A_{k-1}[i,k], A_{k-1}[i,k] + A_{k-1}[k,k]\}$$

$$= \min\{A_{k-1}[i,k], A_{k-1}[i,k] + 0\}$$

$$= A_{k-1}[i,k]$$

$$p = A_{k-1}[i,k] + A_{k-1}[k,j]$$

Алгоритмот Флојд-Воршал може да се аплицира и во конкретниот граф каде што јазлите се претставени како градови, односно рутери и одалеченоста е претставена како тежина на гранките, односно на линковите.



Слика 7. Графот на една WAN-мрежа каде што се применува Флојд-Воршал

Базирајќи се на конкретниот граф креираме табела во вид на матрица. Матрицата има i редици j колони. Елементи на матрицата ќе бидат a_{ij} кои се бројки и позиција во матрицата. Ако $i=j$, овој елемент ќе има вредност 0 и ќе претставува дијагонала на матрицата. Во случај кога уште нема линк меѓу јазлите вредноста на елементот во матрицата се опишува со симболот ∞ .

■ p

■ еден пат меѓу темињата

■ најкраток пат меѓу темињата

$$p_{1\ 2} = 30; p_{1\ 4} = 25; p_{1\ 7} = 42$$

$$p_{2\ 1} = 30; p_{2\ 3} = 25;$$

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОЌ

$p_{3\ 8}=43; p_{3\ 9}=45;$
 $p_{4\ 1}=25; p_{4\ 5}=52; p_{4\ 6}=35;$
 $p_{5\ 4}=52;$
 $p_{6\ 4}=35; p_{6\ 7}=22; p_{6\ 17}=25;$
 $p_{7\ 1}=42; p_{7\ 6}=22; p_{7\ 17}=33; p_{7\ 16}=37;$
 $p_{8\ 3}=43; p_{8\ 9}=35; p_{8\ 11}=40;$
 $p_{9\ 3}=45; p_{9\ 8}=35; p_{9\ 11}=45; p_{9\ 10}=31; p_{9\ 14}=53;$
 $p_{10\ 9}=31; p_{10\ 13}=38; p_{10\ 14}=25;$
 $p_{11\ 8}=40; p_{11\ 9}=45; p_{11\ 12}=13;$
 $p_{12\ 11}=13; p_{12\ 13}=46;$
 $p_{13\ 12}=46; p_{13\ 10}=38; p_{13\ 14}=40;$
 $p_{14\ 9}=53; p_{14\ 10}=25; p_{14\ 13}=40; p_{14\ 15}=38;$
 $p_{15\ 14}=38; p_{15\ 16}=9; p_{15\ 21}=53;$
 $p_{16\ 7}=37; p_{16\ 19}=35; p_{16\ 15}=9;$
 $p_{17\ 6}=25; p_{17\ 7}=33; p_{17\ 18}=27; p_{17\ 19}=25;$
 $p_{18\ 17}=27;$
 $p_{19\ 16}=35; p_{19\ 17}=25; p_{19\ 20}=28;$
 $p_{20\ 19}=28; p_{20\ 21}=35;$
 $p_{21\ 15}=53; p_{21\ 20}=35;$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
1	0	30	oc	25	oc	oc	42	oc														
2	30	0	25	oc																		
3	oc	25	0	oc	oc	oc	oc	43	45	oc												
4	25	oc	oc	0	52	35	oc															
5	oc	oc	oc	52	0	oc																
6	oc	oc	oc	35	oc	0	22	oc	25	oc	oc	oc	oc									
7	42	oc	oc	oc	oc	22	0	oc	37	33	oc	oc	oc	oc								
8	oc	oc	43	oc	oc	oc	oc	0	35	oc	40	oc										
9	oc	oc	45	oc	oc	oc	oc	35	0	31	45	oc	oc	53	oc							
10	oc	31	0	oc	oc	38	25	oc														
11	oc	40	45	oc	0	13	oc															
12	oc	13	0	46	oc																	
13	oc	38	oc	46	0	40	oc															
14	oc	53	25	oc	oc	40	0	38	oc	oc	oc	oc	oc	oc								
15	oc	38	0	9	oc	oc	oc	oc	53													
16	oc	oc	oc	oc	oc	oc	37	oc	9	0	oc	oc	35	oc	oc							
17	oc	oc	oc	oc	oc	25	33	oc	0	27	25	oc	oc									
18	oc	27	0	oc	oc	oc																
19	oc	35	25		0	28																
20	oc	28	0	35																		
21	oc	53	oc	oc	oc	oc	oc	35	0													

Табела 14

Р поминува низ k и се најдени овие патишта:

$$p_{4\ 2}=30+25=55, \quad p_{2\ 4}=25+30=55, \quad p_{7\ 2}=30+42=72, \quad p_{2\ 7}=72, \quad p_{7\ 4}=67, \quad p_{4\ 7}=67$$

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОК

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0	30	oc	25	oc	oc	42	oc													
2	30	0	25	55	oc	oc	72	oc													
3	oc	25	0	oc	oc	oc	oc	43	45	oc											
4	25	55	oc	0	52	35	67	oc													
5	oc	oc	oc	52	0	oc															
6	oc	oc	oc	35	oc	0	22	oc	25	oc	oc	oc	oc								
7	42	72	oc	67	oc	22	0	oc	37	33	oc	oc	oc	oc							
8	oc	oc	43	oc	oc	oc	oc	0	35	oc	40	oc									
9	oc	oc	45	oc	oc	oc	oc	35	0	31	45	oc	oc	53	oc						
10	oc	31	0	oc	oc	38	25	oc													
11	oc	40	45	oc	0	13	oc														
12	oc	13	0	46	oc																
13	oc	38	oc	oc	46	0	40	oc	oc	oc	oc	oc	oc								
14	oc	53	25	oc	oc	40	0	38	oc	oc	oc	oc	oc	oc							
15	oc	38	0	9	oc	oc	oc	oc	53												
16	oc	oc	oc	oc	oc	oc	37	oc	9	0	oc	oc	oc	35	oc						
17	oc	oc	oc	oc	oc	25	33	oc	0	27	25	oc	oc								
18	oc	27	0	oc	oc	oc															
19	oc	35	25	oc	oc	0	28	oc													
20	oc	28	0	35																	
21	oc	53	oc	oc	oc	oc	oc	35	0												

Табела 15

p - поминува низ k и се најдени патиштата: $p_{31}=55$, $p_{13}=55$, $p_{43}=80$, $p_{34}=80$, $p_{73}=97$, $p_{37}=97$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0	30	55	25	oc	oc	42	oc													
2	30	0	25	55	oc	oc	72	oc													
3	55	25	0	80	oc	oc	97	43	45	oc											
4	25	55	80	0	52	35	67	oc													
5	oc	oc	oc	52	0	oc															
6	oc	oc	oc	35	oc	0	22	oc	25	oc	oc	oc	oc								
7	42	72	97	67	oc	22	0	oc	37	33	oc	oc	oc	oc							
8	oc	oc	43	oc	oc	oc	oc	0	35	oc	40	oc									
9	oc	oc	45	oc	oc	oc	oc	35	0	31	45	oc	oc	53	oc						
10	oc	31	0	oc	oc	38	25	oc													
11	oc	40	45	oc	0	13	oc														
12	oc	13	0	46	oc																
13	oc	38	oc	oc	46	0	40	oc	oc	oc	oc	oc	oc								
14	oc	53	25	oc	oc	40	0	38	oc	oc	oc	oc	oc	oc							
15	oc	38	0	9	oc	oc	oc	oc	53												
16	oc	oc	oc	oc	oc	oc	37	oc	9	0	oc	oc	35	oc	oc						
17	oc	oc	oc	oc	oc	25	33	oc	0	27	25	oc	oc								
18	oc	27	0	oc	oc	oc															
19	oc	35	25	oc	oc	0	28	oc													
20	oc	28	0	35																	
21	oc	53	oc	oc	oc	oc	oc	35	0												

Табела 16

Во табелата 17 p - поминува низ k и се најдени патиштата: $p_{18}=98$, $p_{19}=100$, $p_{28}=68$, $p_{29}=70$, $p_{48}=123$, $p_{49}=125$, $p_{81}=98$, $p_{82}=68$, $p_{84}=123$, $p_{87}=140$, $p_{92}=70$, $p_{91}=100$, $p_{94}=125$, $p_{97}=142$, $p_{78}=140$, $p_{79}=142$

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОЌ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0	30	55	25	oc	oc	42	98	100	oc											
2	30	0	25	55	oc	oc	72	68	70	oc											
3	55	25	0	80	oc	oc	97	43	45	oc											
4	25	55	80	0	52	35	67	123	125	oc											
5	oc	oc	oc	52	0	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc
6	oc	oc	oc	35	oc	0	22	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	25	oc	oc	oc	oc
7	42	72	97	67	oc	22	0	140	142	oc	oc	oc	oc	oc	oc	37	33	oc	oc	oc	oc
8	98	68	43	123	oc	oc	140	0	35	oc	40	oc									
9	100	70	45	125	oc	oc	142	35	0	31	45	oc	oc	53	oc						
10	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	31	0	oc	oc	38	25	oc						
11	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	40	45	oc	0	13	oc								
12	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	13	0	46	oc								
13	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	38	oc	46	0	40	oc						
14	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	53	25	oc	oc	40	0	38	oc	oc	oc	oc	oc	oc
15	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	38	0	9	oc	oc	oc	oc	53
16	oc	oc	oc	oc	oc	oc	37	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	9	0	oc	oc	35	oc	oc
17	oc	oc	oc	oc	oc	25	33	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	0	27	25	oc	oc
18	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	27	0	oc	oc	oc
19	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	35	25	oc	0	28	oc
20	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	28	0	35
21	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	53	oc	oc	oc	oc	35	0

Табела 17

Во табелата 18 p - поминува низ k и се најдени патиштата: $p_{15}=77$, $p_{16}=60$, $p_{25}=107$, $p_{26}=90$, $p_{35}=132$, $p_{36}=115$, $p_{51}=77$, $p_{52}=107$, $p_{56}=78$, $p_{57}=119$, $p_{58}=175$, $p_{59}=177$, $p_{61}=60$, $p_{62}=90$, $p_{65}=78$, $p_{68}=158$, $p_{69}=160$, $p_{75}=119$, $p_{85}=175$, $p_{86}=158$, $p_{95}=177$, $p_{96}=160$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0	30	55	25	77	60	42	98	100	oc											
2	30	0	25	55	107	90	72	68	70	oc											
3	55	25	0	80	132	115	97	43	45	oc											
4	25	55	80	0	52	35	67	123	125	oc											
5	77	107	132	52	0	87	119	175	177	oc											
6	60	90	115	35	87	0	22	158	160	oc	25	oc	oc	oc	oc						
7	42	72	97	67	119	22	0	140	142	oc	oc	oc	oc	oc	oc	37	33	oc	oc	oc	oc
8	98	68	43	123	175	158	140	0	35	oc	40	oc									
9	100	70	45	125	177	160	142	35	0	31	45	oc	oc	53	oc						
10	oc	31	0	oc	oc	38	25	oc													
11	oc	40	45	oc	0	13	oc														
12	oc	13	0	46	oc																
13	oc	38	oc	46	0	40	oc														
14	oc	53	25	oc	oc	40	0	38	oc	oc	oc	oc	oc	oc							
15	oc	oc	oc	oc	oc	38	0	9	oc	oc	oc	oc	53								
16	oc	oc	oc	oc	oc	oc	37	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	9	0	oc	oc	35	oc	oc
17	oc	oc	oc	oc	oc	25	33	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	0	27	25	oc	oc
18	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	27	0	oc	oc	oc								
19	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	35	25	oc	0	28	oc								
20	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	28	0	35								
21	oc	oc	oc	oc	oc	oc	53	oc	oc	oc	oc	35	0								

Табела 18

Во табелата 19 не е најден ниту линк ниту најкраток пат.

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОК

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0	30	55	25	77	60	42	98	100	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
2	30	0	25	55	107	90	72	68	70	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
3	55	25	0	80	132	115	97	43	45	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
4	25	55	80	0	52	35	67	123	125	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
5	77	107	132	52	0	87	119	175	177	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
6	60	90	115	35	87	0	22	158	160	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	25	∞	∞	∞	∞
7	42	72	97	67	119	22	0	140	142	∞	∞	∞	∞	∞	∞	37	33	∞	∞	∞	∞
8	98	68	43	123	175	158	140	0	35	∞	∞	40	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
9	100	70	45	125	177	160	142	35	0	31	45	∞	∞	53	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
10	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	31	0	∞	∞	38	25	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
11	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	40	45	∞	0	13	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
12	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	13	0	46	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
13	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	38	∞	46	0	40	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
14	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	53	25	∞	∞	40	0	38	∞	∞	∞	∞	∞	∞
15	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	38	0	9	∞	∞	∞	∞	53
16	∞	∞	∞	∞	∞	∞	37	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	9	0	∞	∞	35	∞	∞
17	∞	∞	∞	∞	∞	25	33	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	27	25	∞	∞	∞
18	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	27	0	∞	∞	∞
19	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	35	25	∞	0	28	∞
20	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	28	0	35
21	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	53	∞	∞	∞	∞	35	0

Табела 19

$A_k[i,j] = \min(A_{k-1}[i,j], A_{k-1}[i,k] + A_{k-1}[k,j])$: бил $p_{47}=67$ сега е најден најкраткиот пат $p_{47} = \min(67, 35+22) = 57$ па затоа бројот 67 се менува со 57 затоа што $57 < 67$ и $p_{57}=109$, $109 < 119$, $p_{74}=57$, $p_{75}=109$ се гледа во табелата 6.

Во табела 20 исто така p поминува низ k и се најдени патиштата: $p_{17}=85$, $p_{217}=115$, $p_{317}=140$, $p_{417}=60$, $p_{517}=112$, $p_{817}=183$, $p_{917}=185$, $p_{171}=85$, $p_{172}=115$, $p_{173}=140$, $p_{174}=60$, $p_{175}=112$, $p_{178}=183$, $p_{179}=185$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0	30	55	25	77	60	42	98	100	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	85	∞	∞	∞	∞
2	30	0	25	55	107	90	72	68	70	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	115	∞	∞	∞	∞
3	55	25	0	80	132	115	97	43	45	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	140	∞	∞	∞	∞
4	25	55	80	0	52	35	57	123	125	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	60	∞	∞	∞	∞
5	77	107	132	52	0	87	109	175	177	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	112	∞	∞	∞	∞
6	60	90	115	35	87	0	22	158	160	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	25	∞	∞	∞	∞
7	42	72	97	57	109	22	0	140	142	∞	∞	∞	∞	∞	∞	37	33	∞	∞	∞	∞
8	98	68	43	123	175	158	140	0	35	∞	40	∞	∞	∞	∞	∞	183	∞	∞	∞	∞
9	100	70	45	125	177	160	142	35	0	31	45	∞	∞	53	∞	∞	185	∞	∞	∞	∞
10	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	31	0	∞	∞	38	25	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
11	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	40	45	∞	0	13	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
12	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	13	0	46	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
13	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	38	∞	46	0	40	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
14	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	53	25	∞	∞	40	0	38	∞	∞	∞	∞	∞	∞
15	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	38	0	9	∞	∞	∞	∞	53
16	∞	∞	∞	∞	∞	∞	37	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	9	0	∞	∞	35	∞	∞
17	85	115	140	60	112	25	33	183	185	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	27	25	∞	∞
18	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	27	0	∞	∞
19	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	35	25	∞	0	28
20	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	28	0
21	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	53	∞	∞	∞	∞	35	0

Табела 20

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОК

$A_k[i,j] = \min(A_{k-1}[i,j], A_{k-1}[i,k] + A_{k-1}[k,j])$: $p_{1\ 17}=75, p_{2\ 17}=105, p_{3\ 17}=130, p_{8\ 17}=173, p_{9\ 17}=175, p_{17\ 1}=75, p_{17\ 2}=105, p_{17\ 3}=130, p_{17\ 8}=173, p_{17\ 9}=175.$

Во Табела 21 исто така р поминува низ к и се најдени патиштата: $p_{1\ 16}=79, p_{2\ 16}=109, p_{3\ 16}=130, p_{4\ 16}=94, p_{5\ 16}=146, p_{6\ 16}=59, p_{8\ 16}=177, p_{9\ 16}=179, p_{16\ 17}=70, p_{16\ 1}=79, p_{16\ 2}=109, p_{16\ 3}=130, p_{16\ 4}=94, p_{16\ 5}=146, p_{16\ 6}=59, p_{16\ 8}=177, p_{16\ 9}=179, p_{17\ 16}=70$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0	30	55	25	77	60	42	98	100	∞	∞	∞	∞	∞	∞	79	75	∞	∞	∞	∞
2	30	0	25	55	107	90	72	68	70	∞	∞	∞	∞	∞	∞	109	105	∞	∞	∞	∞
3	55	25	0	80	132	115	97	43	45	∞	∞	∞	∞	∞	∞	134	130	∞	∞	∞	∞
4	25	55	80	0	52	35	57	123	125	∞	∞	∞	∞	∞	∞	94	60	∞	∞	∞	∞
5	77	107	132	52	0	87	109	175	177	∞	∞	∞	∞	∞	∞	146	112	∞	∞	∞	∞
6	60	90	115	35	87	0	22	158	160	∞	∞	∞	∞	∞	∞	59	25	∞	∞	∞	∞
7	42	72	97	57	109	22	0	140	142	∞	∞	∞	∞	∞	∞	37	33	∞	∞	∞	∞
8	98	68	43	123	175	158	140	0	35	∞	40	∞	∞	∞	∞	177	173	∞	∞	∞	∞
9	100	70	45	125	177	160	142	35	0	31	45	∞	∞	53	∞	179	175	∞	∞	∞	∞
10	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	31	0	∞	∞	38	25	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
11	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	40	45	∞	0	13	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
12	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	13	0	46	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
13	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	38	∞	46	0	40	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
14	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	53	25	∞	∞	40	0	38	∞	∞	∞	∞	∞	∞
15	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	38	0	9	∞	∞	∞	∞	53
16	79	109	134	94	146	59	37	177	179	∞	∞	∞	∞	∞	9	0	70	∞	35	∞	∞
17	75	105	130	60	112	25	33	173	175	∞	∞	∞	∞	∞	∞	70	0	27	25	∞	∞
18	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	27	0	∞	∞	∞
19	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	35	25	∞	0	28	∞
20	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	28	0	35
21	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	53	∞	∞	∞	∞	35	0

Табела 21

Во Табела22 исто така р поминува низ к и се најдени патиштата: $p_{1\ 11}=138, p_{2\ 11}=108, p_{3\ 11}=83, p_{4\ 11}=163, p_{5\ 11}=215, p_{6\ 11}=198, p_{7\ 11}=180, p_{16\ 11}=217, p_{17\ 11}=213, p_{11\ 1}=138, p_{11\ 2}=108, p_{11\ 3}=83, p_{11\ 4}=163, p_{11\ 5}=215, p_{11\ 6}=198, p_{11\ 7}=180, p_{11\ 16}=217, p_{11\ 17}=213$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0	30	55	25	77	60	42	98	100	∞	138	∞	∞	∞	∞	79	75	∞	∞	∞	∞
2	30	0	25	55	107	90	72	68	70	∞	108	∞	∞	∞	∞	109	105	∞	∞	∞	∞
3	55	25	0	80	132	115	97	43	45	∞	83	∞	∞	∞	∞	134	130	∞	∞	∞	∞
4	25	55	80	0	52	35	57	123	125	∞	163	∞	∞	∞	∞	94	60	∞	∞	∞	∞
5	77	107	132	52	0	87	109	175	177	∞	215	∞	∞	∞	∞	146	112	∞	∞	∞	∞
6	60	90	115	35	87	0	22	158	160	∞	198	∞	∞	∞	∞	59	25	∞	∞	∞	∞
7	42	72	97	57	109	22	0	140	142	∞	180	∞	∞	∞	∞	37	33	∞	∞	∞	∞
8	98	68	43	123	175	158	140	0	35	∞	40	∞	∞	∞	∞	177	173	∞	∞	∞	∞
9	100	70	45	125	177	160	142	35	0	31	45	∞	∞	53	∞	179	175	∞	∞	∞	∞
10	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	31	0	∞	∞	38	25	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
11	138	108	83	163	215	198	180	40	45	∞	0	13	∞	∞	∞	217	213	∞	∞	∞	∞
12	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	13	0	46	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
13	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	38	∞	46	0	40	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
14	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	53	25	∞	∞	40	0	38	∞	∞	∞	∞	∞	∞
15	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	38	0	9	∞	∞	∞	∞	53
16	79	109	134	94	146	59	37	177	179	∞	217	∞	∞	∞	9	0	70	∞	35	∞	∞
17	75	105	130	60	112	25	33	173	175	∞	213	∞	∞	∞	∞	70	0	27	25	∞	∞
18	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	27	0	∞	∞	∞
19	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	35	25	∞	0	28	∞
20	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	28	0	35
21	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	53	∞	∞	∞	∞	35	0

Табела 22

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОЌ

Во Табела 23 p поминува низ κ и се најдени патиштата: $p_{1\ 10}=131$, $p_{2\ 10}=101$, $p_{3\ 10}=76$, $p_{4\ 10}=156$, $p_{5\ 10}=208$, $p_{6\ 10}=191$, $p_{7\ 10}=173$, $p_{8\ 10}=66$, $p_{11\ 10}=76$, $p_{16\ 10}=210$, $p_{17\ 10}=206$, $p_{10\ 1}=131$, $p_{10\ 2}=101$, $p_{10\ 3}=76$, $p_{10\ 4}=156$, $p_{10\ 5}=208$, $p_{10\ 6}=191$, $p_{10\ 7}=173$, $p_{10\ 8}=66$, $p_{10\ 11}=76$, $p_{10\ 16}=210$, $p_{10\ 17}=206$, $p_{14\ 1}=153$, $p_{2\ 14}=123$, $p_{3\ 14}=98$, $p_{4\ 14}=178$, $p_{5\ 14}=230$, $p_{6\ 14}=213$, $p_{7\ 14}=195$, $p_{8\ 14}=88$, $p_{11\ 14}=98$, $p_{16\ 14}=232$, $p_{17\ 14}=228$, $p_{14\ 1}=153$, $p_{14\ 2}=123$, $p_{14\ 3}=98$, $p_{14\ 4}=178$, $p_{14\ 5}=230$, $p_{14\ 6}=213$, $p_{14\ 7}=195$, $p_{14\ 8}=88$, $p_{14\ 11}=98$, $p_{14\ 16}=232$, $p_{14\ 17}=228$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
1	0	30	55	25	77	60	42	98	100	131	138	∞	∞	153	∞	79	75	∞	∞	∞	∞	
2	30	0	25	55	107	90	72	68	70	101	108	∞	∞	123	∞	109	105	∞	∞	∞	∞	
3	55	25	0	80	132	115	97	43	45	76	83	∞	∞	98	∞	134	130	∞	∞	∞	∞	
4	25	55	80	0	52	35	57	123	125	156	163	∞	∞	178	∞	94	60	∞	∞	∞	∞	
5	77	107	132	52	0	87	109	175	177	208	215	∞	∞	230	∞	146	112	∞	∞	∞	∞	
6	60	90	115	35	87	0	22	158	160	191	198	∞	∞	213	∞	59	25	∞	∞	∞	∞	
7	42	72	97	57	109	22	0	140	142	173	180	∞	∞	195	∞	37	33	∞	∞	∞	∞	
8	98	68	43	123	175	158	140	0	35	66	40	∞	∞	88	∞	177	173	∞	∞	∞	∞	
9	100	70	45	125	177	160	142	35	0	31	45	∞	∞	53	∞	179	175	∞	∞	∞	∞	
10	131	101	76	156	208	191	173	66	31	0	76	∞	38	25	∞	210	206	∞	∞	∞	∞	
11	138	108	83	163	215	198	180	40	45	76	0	13	∞	98	∞	224	220	∞	∞	∞	∞	
12	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	13	0	46	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	
13	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	38	∞	46	0	40	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	
14	153	123	98	178	230	213	195	88	53	25	98	∞	40	0	38	232	228	∞	∞	∞	∞	
15	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	38	0	9	∞	∞	∞	53	
16	79	109	134	94	146	59	37	177	179	210	217	∞	∞	232	9	0	70	∞	35	∞	∞	
17	75	105	130	60	112	25	33	173	175	206	213	∞	∞	228	∞	70	0	27	25	∞	∞	
18	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	27	0	∞	∞	∞	
19	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	35	25	∞	0	28	∞	
20	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	28	0	35
21	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	53	∞	∞	∞	∞	35	0

Табела 23

Во табелата 24 p поминува низ κ и се најдени патиштата: $p_{1\ 13}=169$, $p_{2\ 13}=139$, $p_{3\ 13}=114$, $p_{4\ 13}=194$, $p_{5\ 13}=246$, $p_{6\ 13}=229$, $p_{7\ 13}=211$, $p_{8\ 13}=104$, $p_{9\ 13}=69$, $p_{11\ 13}=114$, $p_{16\ 13}=248$, $p_{17\ 13}=244$, $p_{13\ 1}=169$, $p_{13\ 2}=139$, $p_{13\ 3}=114$, $p_{13\ 4}=194$, $p_{13\ 5}=246$, $p_{13\ 6}=229$, $p_{13\ 7}=211$, $p_{13\ 8}=104$, $p_{13\ 9}=69$, $p_{13\ 11}=114$, $p_{13\ 16}=248$, $p_{13\ 17}=244$

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОК

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
1	0	30	55	25	77	60	42	98	100	131	138	oc	169	153	oc	79	75	oc	oc	oc	oc	
2	30	0	25	55	107	90	72	68	70	101	108	oc	139	123	oc	109	105	oc	oc	oc	oc	
3	55	25	0	80	132	115	97	43	45	76	83	oc	114	98	oc	134	130	oc	oc	oc	oc	
4	25	55	80	0	52	35	57	123	125	156	163	oc	194	178	oc	94	60	oc	oc	oc	oc	
5	77	107	132	52	0	87	109	175	177	208	215	oc	246	230	oc	146	112	oc	oc	oc	oc	
6	60	90	115	35	87	0	22	158	160	191	198	oc	229	213	oc	59	25	oc	oc	oc	oc	
7	42	72	97	57	109	22	0	140	142	173	180	oc	211	195	oc	37	33	oc	oc	oc	oc	
8	98	68	43	123	175	158	140	0	35	66	40	oc	104	88	oc	177	173	oc	oc	oc	oc	
9	100	70	45	125	177	160	142	35	0	31	45	oc	69	53	oc	179	175	oc	oc	oc	oc	
10	131	101	76	156	208	191	173	66	31	0	76	oc	38	25	oc	210	206	oc	oc	oc	oc	
11	138	108	83	163	215	198	180	40	45	76	0	13	114	98	oc	224	220	oc	oc	oc	oc	
12	oc	13	0	46	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc											
13	169	139	114	194	246	229	211	104	69	38	114	46	0	40	oc	248	244	oc	oc	oc	oc	
14	153	123	98	178	230	213	195	88	53	25	98	oc	40	0	38	232	228	oc	oc	oc	oc	
15	oc	oc	oc	oc	38	0	9	oc	oc	oc	53											
16	79	109	134	94	146	59	37	177	179	210	217	oc	248	232	9	0	70	oc	35	oc	oc	
17	75	105	130	60	112	25	33	173	175	206	213	oc	244	228	oc	70	0	27	25	oc	oc	
18	oc	oc	oc	oc	oc	oc	27	0	oc	oc	oc											
19	oc	oc	oc	oc	oc	35	25	oc	0	28	oc											
20	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	oc	28	0	35											
21	oc	oc	oc	oc	53	oc	oc	oc	oc	oc	35	0										

Табела 24

Во табелата 25 p поминува низ k и се најдени патиштата: $p_{1\ 12}=151$, $p_{2\ 12}=121$, $p_{3\ 12}=96$, $p_{4\ 12}=176$, $p_{5\ 12}=228$, $p_{6\ 12}=211$, $p_{7\ 12}=193$, $p_{8\ 12}=53$, $p_{9\ 12}=58$, $p_{10\ 12}=89$, $p_{14\ 12}=111$, $p_{16\ 12}=230$, $p_{17\ 12}=226$, $p_{12\ 1}=151$, $p_{12\ 2}=121$, $p_{12\ 3}=96$, $p_{12\ 4}=176$, $p_{12\ 5}=228$, $p_{12\ 6}=211$, $p_{12\ 7}=193$, $p_{12\ 8}=53$, $p_{12\ 9}=58$, $p_{12\ 10}=89$, $p_{12\ 14}=111$, $p_{12\ 16}=230$, $p_{12\ 17}=226$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
1	0	30	55	25	77	60	42	98	100	131	138	151	169	153	oc	79	75	oc	oc	oc	oc	
2	30	0	25	55	107	90	72	68	70	101	108	121	139	123	oc	109	105	oc	oc	oc	oc	
3	55	25	0	80	132	115	97	43	45	76	83	96	114	98	oc	134	130	oc	oc	oc	oc	
4	25	55	80	0	52	35	57	123	125	156	163	176	194	178	oc	94	60	oc	oc	oc	oc	
5	77	107	132	52	0	87	109	175	177	208	215	228	246	230	oc	146	112	oc	oc	oc	oc	
6	60	90	115	35	87	0	22	158	160	191	198	211	229	213	oc	59	25	oc	oc	oc	oc	
7	42	72	97	57	109	22	0	140	142	173	180	193	211	195	oc	37	33	oc	oc	oc	oc	
8	98	68	43	123	175	158	140	0	35	66	40	53	104	88	oc	177	173	oc	oc	oc	oc	
9	100	70	45	125	177	160	142	35	0	31	45	58	69	53	oc	179	175	oc	oc	oc	oc	
10	131	101	76	156	208	191	173	66	31	0	76	89	38	25	oc	210	206	oc	oc	oc	oc	
11	138	108	83	163	215	198	180	40	45	76	0	13	114	98	oc	224	220	oc	oc	oc	oc	
12	151	121	96	176	228	211	193	53	58	89	13	0	46	111	oc	237	233	oc	oc	oc	oc	
13	169	139	114	194	246	229	211	104	69	38	114	46	0	40	oc	248	244	oc	oc	oc	oc	
14	153	123	98	178	230	213	195	88	53	25	98	111	40	0	38	232	228	oc	oc	oc	oc	
15	oc	38	0	9	oc	oc	oc	53														
16	79	109	134	94	146	59	37	177	179	210	217	230	248	232	9	0	70	oc	35	oc	oc	
17	75	105	130	60	112	25	33	173	175	206	213	226	244	228	oc	70	0	27	25	oc	oc	
18	oc	oc	oc	27	0	oc	oc	oc														
19	oc	oc	35	25	oc	0	28	oc														
20	oc	oc	oc	oc	oc	28	0	35														
21	oc	53	oc	oc	oc	oc	oc	35	0													

Табела 25

Во табелата 26 е најден најкраток пат меѓу јазлите 8-13, 13-8, 11-13, 13-11.

$$A_k[i,j] = \min(A_{k-1}[i,j], A_{k-1}[i,k] + A_{k-1}[k,j]) : p_{8\ 13} = 99, p_{13\ 8} = 99, p_{11\ 13} = 59, p_{13\ 11} = 59$$

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОК

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0	30	55	25	77	60	42	98	100	131	138	151	169	153	oc	79	75	oc	oc	oc	oc
2	30	0	25	55	107	90	72	68	70	101	108	121	139	123	oc	109	105	oc	oc	oc	oc
3	55	25	0	80	132	115	97	43	45	76	83	96	114	98	oc	134	130	oc	oc	oc	oc
4	25	55	80	0	52	35	57	123	125	156	163	176	194	178	oc	94	60	oc	oc	oc	oc
5	77	107	132	52	0	87	109	175	177	208	215	228	246	230	oc	146	112	oc	oc	oc	oc
6	60	90	115	35	87	0	22	158	160	191	198	211	229	213	oc	59	25	oc	oc	oc	oc
7	42	72	97	57	109	22	0	140	142	173	180	193	211	195	oc	37	33	oc	oc	oc	oc
8	98	68	43	123	175	158	140	0	35	66	40	53	99	88	oc	177	173	oc	oc	oc	oc
9	100	70	45	125	177	160	142	35	0	31	45	58	69	53	oc	179	175	oc	oc	oc	oc
10	131	101	76	156	208	191	173	66	31	0	76	89	38	25	oc	210	206	oc	oc	oc	oc
11	138	108	83	163	215	198	180	40	45	76	0	13	59	98	oc	224	220	oc	oc	oc	oc
12	151	121	96	176	228	211	193	53	58	89	13	0	46	111	oc	237	233	oc	oc	oc	oc
13	169	139	114	194	246	229	211	99	69	38	59	46	0	40	oc	248	244	oc	oc	oc	oc
14	153	123	98	178	230	213	195	88	53	25	98	111	40	0	38	232	228	oc	oc	oc	oc
15	oc	38	0	9	oc	oc	oc	oc	53												
16	79	109	134	94	146	59	37	177	179	210	217	230	248	232	9	0	70	oc	35	oc	oc
17	75	105	130	60	112	25	33	173	175	206	213	226	244	228	oc	70	0	27	25	oc	oc
18	oc	oc	27	0	oc	oc	oc	oc													
19	oc	oc	35	25	oc	0	28	oc													
20	oc	oc	oc	oc	oc	28	0	35													
21	oc	53	oc	oc	oc	oc	35	0													

Табела 26

Во табелата 27 е најден најкраток пат меѓу јазлите 10-12, 12-10, 12-14, 14-12.

$$A_k[i,j] = \min(A_{k-1}[i,j], A_{k-1}[i,k] + A_{k-1}[k,j]) : p_{10\ 12} = 84, p_{12\ 10} = 84, p_{12\ 14} = 86, p_{14\ 12} = 86$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0	30	55	25	77	60	42	98	100	131	138	151	169	153	oc	79	75	oc	oc	oc	oc
2	30	0	25	55	107	90	72	68	70	101	108	121	139	123	oc	109	105	oc	oc	oc	oc
3	55	25	0	80	132	115	97	43	45	76	83	96	114	98	oc	134	130	oc	oc	oc	oc
4	25	55	80	0	52	35	57	123	125	156	163	176	194	178	oc	94	60	oc	oc	oc	oc
5	77	107	132	52	0	87	109	175	177	208	215	228	246	230	oc	146	112	oc	oc	oc	oc
6	60	90	115	35	87	0	22	158	160	191	198	211	229	213	oc	59	25	oc	oc	oc	oc
7	42	72	97	57	109	22	0	140	142	173	180	193	211	195	oc	37	33	oc	oc	oc	oc
8	98	68	43	123	175	158	140	0	35	66	40	53	99	88	oc	177	173	oc	oc	oc	oc
9	100	70	45	125	177	160	142	35	0	31	45	58	69	53	oc	179	175	oc	oc	oc	oc
10	131	101	76	156	208	191	173	66	31	0	76	84	38	25	oc	210	206	oc	oc	oc	oc
11	138	108	83	163	215	198	180	40	45	76	0	13	59	98	oc	224	220	oc	oc	oc	oc
12	151	121	96	176	228	211	193	53	58	84	13	0	46	86	oc	237	233	oc	oc	oc	oc
13	169	139	114	194	246	229	211	99	69	38	59	46	0	40	oc	248	244	oc	oc	oc	oc
14	153	123	98	178	230	213	195	88	53	25	98	86	40	0	38	232	228	oc	oc	oc	oc
15	oc	38	0	9	oc	oc	oc	oc	53												
16	79	109	134	94	146	59	37	177	179	210	217	230	248	232	9	0	70	oc	35	oc	oc
17	75	105	130	60	112	25	33	173	175	206	213	226	244	228	oc	70	0	27	25	oc	oc
18	oc	oc	27	0	oc	oc	oc	oc													
19	oc	oc	35	25	oc	0	28	oc													
20	oc	oc	oc	oc	oc	28	0	35													
21	oc	53	oc	oc	oc	oc	35	0													

Табела 27

Во табелата 28 p поминува низ k и се најдени патиштата: $p_{1\ 15}=191$, $p_{2\ 15}=161$, $p_{3\ 15}=136$, $p_{4\ 15}=216$, $p_{5\ 14}=268$, $p_{6\ 15}=251$, $p_{7\ 15}=233$, $p_{8\ 15}=126$, $p_{9\ 15}=91$, $p_{10\ 15}=63$, $p_{11\ 15}=136$, $p_{12\ 15}=124$, $p_{13\ 15}=78$, $p_{17\ 15}=266$, $p_{15\ 1}=191$, $p_{15\ 2}=161$, p_{15}

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОК

$p_3=136$, $p_{15\ 4}=216$, $p_{14\ 5}=268$, $p_{15\ 6}=251$, $p_{15\ 7}=233$, $p_{15\ 8}=126$, $p_{15\ 9}=91$, $p_{15\ 10}=63$, $p_{15\ 11}=136$, $p_{15\ 12}=124$, $p_{15\ 13}=78$, $p_{15\ 17}=266$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
1	0	30	55	25	77	60	42	98	100	131	138	151	169	153	191	79	75	∞	∞	∞	∞	
2	30	0	25	55	107	90	72	68	70	101	108	121	139	123	161	109	105	∞	∞	∞	∞	
3	55	25	0	80	132	115	97	43	45	76	83	96	114	98	136	134	130	∞	∞	∞	∞	
4	25	55	80	0	52	35	57	123	125	156	163	176	194	178	216	94	60	∞	∞	∞	∞	
5	77	107	132	52	0	87	109	175	177	208	215	228	246	230	268	146	112	∞	∞	∞	∞	
6	60	90	115	35	87	0	22	158	160	191	198	211	229	213	251	59	25	∞	∞	∞	∞	
7	42	72	97	57	109	22	0	140	142	173	180	193	211	195	233	37	33	∞	∞	∞	∞	
8	98	68	43	123	175	158	140	0	35	66	40	53	99	88	126	177	173	∞	∞	∞	∞	
9	100	70	45	125	177	160	142	35	0	31	45	58	69	53	91	179	175	∞	∞	∞	∞	
10	131	101	76	156	208	191	173	66	31	0	76	89	38	25	63	210	206	∞	∞	∞	∞	
11	138	108	83	163	215	198	180	40	45	76	0	13	59	98	136	224	220	∞	∞	∞	∞	
12	151	121	96	176	228	211	193	53	58	84	13	0	46	86	124	237	233	∞	∞	∞	∞	
13	169	139	114	194	246	229	211	99	69	38	59	46	0	40	78	248	244	∞	∞	∞	∞	
14	153	123	98	178	230	213	195	88	53	25	98	86	40	0	38	232	228	∞	∞	∞	∞	
15	191	161	136	216	268	251	233	126	91	63	136	124	78	38	0	9	266	∞	∞	∞	53	
16	79	109	134	94	146	59	37	177	179	210	217	230	248	232	9	0	70	∞	35	∞	∞	
17	75	105	130	60	112	25	33	173	175	206	213	226	244	228	266	70	0	27	25	∞	∞	
18	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	27	0	∞	∞	∞	
19	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	35	25	∞	0	28	∞	
20	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	28	0	35	
21	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	53	∞	∞	∞	∞	∞	35	0

Табела 28

Во табелата 29 е најден најкраток пат меѓу јазлите 8-16, 9-16, 10-16, 11-16, 12-16, 13-16, 14-16 и 16-8, 16-9, 16-10, 16-11, 16-12, 16-13, 16-14.

$A_k[i,j] = \min(A_{k-1}[i,j], A_{k-1}[i,k] + A_{k-1}[k,j])$: $p_{8\ 16}=135$, $p_{9\ 16}=100$, $p_{10\ 16}=72$, $p_{11\ 16}=145$, $p_{12\ 16}=133$, $p_{13\ 16}=87$, $p_{14\ 16}=47$, $p_{16\ 8}=135$, $p_{16\ 9}=100$, $p_{16\ 10}=72$, $p_{16\ 11}=145$, $p_{16\ 12}=133$, $p_{16\ 13}=87$, $p_{16\ 14}=47$.

Исто така p поминува низ k и се најдени патиштата: $p_{1\ 21}=244$, $p_{2\ 21}=214$, $p_{3\ 21}=189$, $p_{4\ 21}=269$, $p_{5\ 21}=321$, $p_{6\ 21}=304$, $p_{7\ 21}=286$, $p_{8\ 21}=179$, $p_{9\ 21}=144$, $p_{10\ 21}=116$, $p_{11\ 21}=189$, $p_{12\ 21}=177$, $p_{13\ 21}=131$, $p_{14\ 21}=91$, $p_{16\ 21}=62$, $p_{17\ 21}=319$, $p_{21\ 1}=244$, $p_{21\ 2}=214$, $p_{21\ 3}=189$, $p_{21\ 4}=269$, $p_{21\ 5}=321$, $p_{21\ 6}=304$, $p_{21\ 7}=286$, $p_{21\ 8}=179$, $p_{21\ 9}=144$, $p_{21\ 10}=116$, $p_{21\ 11}=189$, $p_{21\ 12}=177$, $p_{21\ 13}=131$, $p_{21\ 14}=91$, $p_{21\ 16}=62$, $p_{21\ 17}=319$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0	30	55	25	77	60	42	98	100	131	138	151	169	153	191	79	75	∞	∞	∞	244
2	30	0	25	55	107	90	72	68	70	101	108	121	139	123	161	109	105	∞	∞	∞	214
3	55	25	0	80	132	115	97	43	45	76	83	96	114	98	136	134	130	∞	∞	∞	189
4	25	55	80	0	52	35	57	123	125	156	163	176	194	178	216	94	60	∞	∞	∞	269
5	77	107	132	52	0	87	109	175	177	208	215	228	246	230	268	146	112	∞	∞	∞	321
6	60	90	115	35	87	0	22	158	160	191	198	211	229	213	251	59	25	∞	∞	∞	304
7	42	72	97	57	109	22	0	140	142	173	180	193	211	195	233	37	33	∞	∞	∞	286
8	98	68	43	123	175	158	140	0	35	66	40	53	99	88	126	135	173	∞	∞	∞	179
9	100	70	45	125	177	160	142	35	0	31	45	58	69	53	91	100	175	∞	∞	∞	144
10	131	101	76	156	208	191	173	66	31	0	76	89	38	25	63	72	206	∞	∞	∞	116
11	138	108	83	163	215	198	180	40	45	76	0	13	59	98	136	145	220	∞	∞	∞	189
12	151	121	96	176	228	211	193	53	58	84	13	0	46	86	124	133	233	∞	∞	∞	177
13	169	139	114	194	246	229	211	99	69	38	59	46	0	40	78	87	244	∞	∞	∞	131
14	153	123	98	178	230	213	195	88	53	25	98	86	40	0	38	47	228	∞	∞	∞	91
15	191	161	136	216	268	251	233	126	91	63	136	124	78	38	0	9	266	∞	∞	∞	53
16	79	109	134	94	146	59	37	135	100	72	145	133	87	47	9	0	70	∞	35	∞	62
17	75	105	130	60	112	25	33	173	175	206	213	226	244	228	266	70	0	27	25	∞	319
18	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	27	0	∞	∞	∞
19	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	35	25	∞	0	28	∞
20	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	28	0	35
21	244	214	189	269	321	304	286	179	144	116	189	177	131	91	53	62	319	∞	∞	35	0

Табела 29

Во табела 30 е најден најкраток пат меѓу јазлите 1-13, 1-14,1-15, 1-21, 2-15, 2-21, 4-13, 4-13,4-14, 4-15, 4-21, 5-13, 5-14, 5-15, 5-21, 6-9, 6-10, 6- 12, 6-13, 6-15, 6-21, 7-9, 7-10, 7-12, 7-13, 7-14, 7-15, 7-21, 9-6, 9-7, 9-17, 10-6, 10-7, 10-17, 11-17, 12-6, 12-7, 12-17, 13-1, 13-4, 13-5, 13-6, 13-7, 13-17, 14-1, 14-4, 14-5, 14-6, 14-7, 14-17, 15-1, 15-2, 15-4, 15-5, 15-6, 15-7, 15-17, 17-9, 17-10, 17-13, 17-14, 17-15,17-21, 21-1, 21-2, 21-4, 21-5, 21-6, 21-7, 21-17.

$A_k[i,j]=\min(A_{k-1}[i,j],A_{k-1}[i,k]+A_{k-1}[k,j])$: $p_{1\ 13}=166$, $p_{1\ 14}=126$, $p_{1\ 15}=88$, $p_{1\ 21}=141$,
 $p_{2\ 15}=118$, $p_{2\ 21}=171$, $p_{4\ 13}=181$, $p_{4\ 14}=141$, $p_{4\ 15}=103$, $p_{4\ 21}=156$, $p_{5\ 13}=233$,
 $p_{5\ 14}=193$, $p_{5\ 15}=155$, $p_{5\ 21}=208$, $p_{6\ 9}=159$, $p_{6\ 10}=131$, $p_{6\ 12}=192$, $p_{6\ 13}=146$,
 $p_{6\ 14}=106$, $p_{6\ 15}=68$, $p_{6\ 21}=121$, $p_{7\ 9}=137$, $p_{7\ 10}=109$, $p_{7\ 12}=170$, $p_{7\ 13}=124$,
 $p_{7\ 14}=84$, $p_{7\ 15}=46$, $p_{7\ 21}=99$, $p_{9\ 6}=159$, $p_{9\ 7}=137$, $p_{9\ 17}=170$, $p_{10\ 6}=131$, $p_{10\ 7}=109$,
 $p_{10\ 17}=142$, $p_{11\ 17}=215$, $p_{12\ 6}=192$, $p_{12\ 7}=170$, $p_{12\ 17}=203$, $p_{13\ 1}=166$, $p_{13\ 4}=181$,
 $p_{13\ 5}=233$, $p_{13\ 6}=146$, $p_{13\ 7}=124$, $p_{13\ 17}=157$, $p_{14\ 1}=126$, $p_{14\ 4}=141$, $p_{14\ 5}=193$,
 $p_{14\ 6}=106$, $p_{14\ 7}=84$, $p_{14\ 17}=177$, $p_{15\ 1}=88$, $p_{15\ 2}=188$, $p_{15\ 4}=103$, $p_{15\ 5}=155$,
 $p_{15\ 6}=68$, $p_{15\ 7}=46$, $p_{15\ 17}=79$, $p_{17\ 9}=170$, $p_{17\ 10}=142$, $p_{17\ 13}=157$, $p_{17\ 14}=177$,
 $p_{17\ 15}=79$, $p_{17\ 21}=132$, $p_{21\ 1}=141$, $p_{21\ 2}=171$, $p_{21\ 4}=156$, $p_{21\ 5}=208$, $p_{21\ 6}=121$,
 $p_{21\ 7}=99$, $p_{21\ 17}=132$

Во табелата 30 исто така p поминува низ k и се најдени патиштата: $p_{1\ 19}=114$, $p_{2\ 19}=144$, $p_{3\ 19}=169$, $p_{4\ 19}=129$, $p_{5\ 19}=181$, $p_{6\ 19}=94$, $p_{7\ 19}=72$, $p_{8\ 19}=170$,
 $p_{9\ 19}=135$, $p_{10\ 19}=107$, $p_{11\ 19}=180$, $p_{12\ 19}=168$, $p_{13\ 19}=122$, $p_{14\ 19}=82$, $p_{15\ 19}=44$,
 $p_{21\ 19}=97$, $p_{19\ 1}=114$, $p_{19\ 2}=144$, $p_{19\ 3}=169$, $p_{19\ 4}=129$, $p_{19\ 5}=181$, $p_{19\ 6}=94$, p_{19

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОК

$p_{19\ 7}=72, p_{19\ 8}=170, p_{19\ 9}=135, p_{19\ 10}=107, p_{19\ 11}=180, p_{19\ 12}=168, p_{19\ 13}=122, p_{19\ 14}=82, p_{19\ 15}=44, p_{19\ 21}=97$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0	30	55	25	77	60	42	98	100	131	138	151	166	126	88	79	75	∞	114	∞	141
2	30	0	25	55	107	90	72	68	70	101	108	121	139	123	118	109	105	∞	144	∞	171
3	55	25	0	80	132	115	97	43	45	76	83	96	114	98	136	134	130	∞	169	∞	189
4	25	55	80	0	52	35	57	123	125	156	163	176	181	141	103	94	60	∞	129	∞	156
5	77	107	132	52	0	87	109	175	177	208	215	228	233	193	155	146	112	∞	181	∞	208
6	60	90	115	35	87	0	22	158	159	131	198	192	146	106	68	59	25	∞	94	∞	121
7	42	72	97	57	109	22	0	140	137	109	180	170	124	84	46	37	33	∞	72	∞	99
8	98	68	43	123	175	158	140	0	35	66	40	53	99	88	126	135	173	∞	170	∞	179
9	100	70	45	125	177	159	137	35	0	31	45	58	69	53	91	100	170	∞	135	∞	144
10	131	101	76	156	208	131	109	66	31	0	76	89	38	25	63	72	142	∞	107	∞	116
11	138	108	83	163	215	198	180	40	45	76	0	13	59	98	136	145	215	∞	180	∞	189
12	151	121	96	176	228	192	170	53	58	84	13	0	46	86	124	133	203	∞	168	∞	177
13	166	139	114	181	233	146	124	99	69	38	59	46	0	40	78	87	157	∞	122	∞	131
14	126	123	98	141	193	106	84	88	53	25	98	86	40	0	38	47	117	∞	82	∞	91
15	88	118	136	103	155	68	46	126	91	63	136	124	78	38	0	9	79	∞	44	∞	53
16	79	109	134	94	146	59	37	135	100	72	145	133	87	47	9	0	70	∞	35	∞	62
17	75	105	130	60	112	25	33	173	170	142	213	226	157	117	79	70	0	27	25	∞	132
18	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	27	0	∞	∞	∞
19	114	144	169	129	181	94	72	170	135	107	180	168	122	82	44	35	25	∞	0	28	97
20	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	28	0	35
21	141	171	189	156	208	121	99	179	144	116	189	177	131	91	53	62	132	∞	97	35	0

Табела 30

Во табелата 31 е најден најкраток пат меѓу јазлите 1-19, 2-19, 3-19, 4-19, 5-19, 6-19, 7-19, 19-1, 19-2, 19-3, 19-4, 19-5, 19-6, 19-7

$A_k[i,j] = \min(A_{k-1}[i,j], A_{k-1}[i,k] + A_{k-1}[k,j]) : p_{19\ 1}=100, p_{19\ 2}=130, p_{19\ 3}=155, p_{19\ 4}=85, p_{19\ 5}=137, p_{19\ 6}=50, p_{19\ 7}=58, p_{19\ 1}=100, p_{19\ 2}=130, p_{19\ 3}=155, p_{19\ 4}=85, p_{19\ 5}=137, p_{19\ 6}=50, p_{19\ 7}=58.$

Во табелата 31 исто така p поминува низ k и се најдени патиштата: $p_{18\ 1}=102, p_{18\ 2}=132, p_{18\ 3}=157, p_{18\ 4}=87, p_{18\ 5}=139, p_{18\ 6}=52, p_{18\ 7}=60, p_{18\ 8}=200, p_{18\ 9}=197, p_{18\ 10}=169, p_{18\ 11}=242, p_{18\ 12}=255, p_{18\ 13}=184, p_{18\ 14}=144, p_{18\ 15}=108, p_{18\ 16}=97, p_{18\ 17}=52, p_{18\ 18}=159, p_{18\ 19}=102, p_{18\ 20}=132, p_{18\ 21}=157, p_{18\ 22}=87, p_{18\ 23}=139, p_{18\ 24}=52, p_{18\ 25}=60, p_{18\ 26}=200, p_{18\ 27}=197, p_{18\ 28}=169, p_{18\ 29}=242, p_{18\ 30}=255, p_{18\ 31}=184, p_{18\ 32}=144, p_{18\ 33}=108, p_{18\ 34}=97, p_{18\ 35}=52, p_{18\ 36}=159$

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОК

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0	30	55	25	77	60	42	98	100	131	138	151	166	126	88	79	75	102	100	∞	141
2	30	0	25	55	107	90	72	68	70	101	108	121	139	123	118	109	105	132	130	∞	171
3	55	25	0	80	132	115	97	43	45	76	83	96	114	98	136	134	130	157	155	∞	189
4	25	55	80	0	52	35	57	123	125	156	163	176	181	141	103	94	60	87	85	∞	156
5	77	107	132	52	0	87	109	175	177	208	215	228	233	193	155	146	112	139	137	∞	208
6	60	90	115	35	87	0	22	158	159	131	198	192	146	106	68	59	25	52	50	∞	121
7	42	72	97	57	109	22	0	140	137	109	180	170	124	84	46	37	33	60	58	∞	99
8	98	68	43	123	175	158	140	0	35	66	40	53	99	88	126	135	173	200	170	∞	179
9	100	70	45	125	177	159	137	35	0	31	45	58	69	53	91	100	170	197	135	∞	144
10	131	101	76	156	208	131	109	66	31	0	76	89	38	25	63	72	142	169	107	∞	116
11	138	108	83	163	215	198	180	40	45	76	0	13	59	98	136	145	215	242	180	∞	189
12	151	121	96	176	228	192	170	53	58	84	13	0	46	86	124	133	203	255	168	∞	177
13	166	139	114	181	233	146	124	99	69	38	59	46	0	40	78	87	157	184	122	∞	131
14	126	123	98	141	193	106	84	88	53	25	98	86	40	0	38	47	117	144	82	∞	91
15	88	118	136	103	155	68	46	126	91	63	136	124	78	38	0	9	79	108	44	∞	53
16	79	109	134	94	146	59	37	135	100	72	145	133	87	47	9	0	70	97	35	∞	62
17	75	105	130	60	112	25	33	173	170	142	213	226	157	117	79	70	0	27	25	∞	132
18	102	132	157	87	139	52	60	200	197	169	240	253	184	144	108	97	27	0	52	∞	159
19	100	130	155	85	137	50	58	170	135	107	180	168	122	82	44	35	25	52	0	28	97
20	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	28	0	35
21	141	171	189	156	208	121	99	179	144	116	189	177	131	91	53	62	132	159	97	35	0

Табела 31

Во табелата 32 не е најден ниту еден пат и краток пат меѓу сите парови на наведените 21 јазли од графот .

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0	30	55	25	77	60	42	98	100	131	138	151	166	126	88	79	75	102	100	∞	141
2	30	0	25	55	107	90	72	68	70	101	108	121	139	123	118	109	105	132	130	∞	171
3	55	25	0	80	132	115	97	43	45	76	83	96	114	98	136	134	130	157	155	∞	189
4	25	55	80	0	52	35	57	123	125	156	163	176	181	141	103	94	60	87	85	∞	156
5	77	107	132	52	0	87	109	175	177	208	215	228	233	193	155	146	112	139	137	∞	208
6	60	90	115	35	87	0	22	158	159	131	198	192	146	106	68	59	25	52	50	∞	121
7	42	72	97	57	109	22	0	140	137	109	180	170	124	84	46	37	33	60	58	∞	99
8	98	68	43	123	175	158	140	0	35	66	40	53	99	88	126	135	173	200	170	∞	179
9	100	70	45	125	177	159	137	35	0	31	45	58	69	53	91	100	170	197	135	∞	144
10	131	101	76	156	208	131	109	66	31	0	76	89	38	25	63	72	142	169	107	∞	116
11	138	108	83	163	215	198	180	40	45	76	0	13	59	98	136	145	215	242	180	∞	189
12	151	121	96	176	228	192	170	53	58	84	13	0	46	86	124	133	203	255	168	∞	177
13	166	139	114	181	233	146	124	99	69	38	59	46	0	40	78	87	157	184	122	∞	131
14	126	123	98	141	193	106	84	88	53	25	98	86	40	0	38	47	117	144	82	∞	91
15	88	118	136	103	155	68	46	126	91	63	136	124	78	38	0	9	79	108	44	∞	53
16	79	109	134	94	146	59	37	135	100	72	145	133	87	47	9	0	70	97	35	∞	62
17	75	105	130	60	112	25	33	173	170	142	213	226	157	117	79	70	0	27	25	∞	132
18	102	132	157	87	139	52	60	200	197	169	240	253	184	144	108	97	27	0	52	∞	159
19	100	130	155	85	137	50	58	170	135	107	180	168	122	82	44	35	25	52	0	28	97
20	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	28	0	35
21	141	171	189	156	208	121	99	179	144	116	189	177	131	91	53	62	132	159	97	35	0

Табела 32

Во табелата 33 е најден најкраток пат меѓу јазлите 9-17,9-18, 10-17,10-18,11-17, 11-18,12-17, 12-18, 13-17, 13-18,14-17,14-18,16-17,16-18, 21-17, 21-18, 17-9, 17-10, 17-11, 17-12, 17-13, 17-14, 17-15, 17-16, 17-21, 18-9, 18-10, 18-11, 18-12, 18-13, 18-14, 18-15, 18-16, 18-21.

$$A_k[i,j] = \min(A_{k-1}[i,j], A_{k-1}[i,k] + A_{k-1}[k,j]) : p_{9\ 17} = 160, p_{10\ 17} = 132, p_{11\ 17} = 205, p_{12\ 17} = 193, p_{13\ 17} = 147, p_{14\ 17} = 107, p_{15\ 17} = 69, p_{16\ 17} = 60, p_{21\ 17} = 122, : p_{9\ 18} = 187,$$

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОК

$p_{10\ 18}=159$, $p_{11\ 18}=232$, $p_{12\ 18}=220$, $p_{13\ 18}=174$, $p_{14\ 18}=134$, $p_{15\ 18}=96$, $p_{16\ 18}=87$,
 $p_{21\ 18}=149$, $p_{17\ 9}=160$, $p_{17\ 10}=132$, $p_{17\ 11}=203$, $p_{17\ 12}=193$, $p_{17\ 13}=147$, $p_{17\ 14}=107$,
 $p_{17\ 15}=69$, $p_{17\ 16}=60$, $p_{17\ 21}=122$, $p_{18\ 9}=187$, $p_{18\ 10}=159$, $p_{18\ 11}=232$, $p_{18\ 12}=220$,
 $p_{18\ 13}=174$, $p_{18\ 14}=134$, $p_{18\ 15}=96$, $p_{18\ 16}=87$, $p_{18\ 21}=149$

Во Табела 33 исто така p поминува низ k и се најдени патиштата: $p_{1\ 20}=128$, $p_{2\ 20}=158$, $p_{3\ 20}=183$, $p_{4\ 20}=113$, $p_{5\ 20}=165$, $p_{6\ 20}=78$, $p_{7\ 20}=86$, $p_{8\ 20}=198$, $p_{9\ 20}=163$, $p_{10\ 20}=135$, $p_{11\ 20}=208$, $p_{12\ 20}=196$, $p_{13\ 20}=150$, $p_{14\ 20}=110$, $p_{15\ 20}=72$, $p_{16\ 20}=63$, $p_{17\ 20}=53$, $p_{18\ 20}=80$, $p_{20\ 1}=128$, $p_{20\ 2}=158$, $p_{20\ 3}=183$, $p_{20\ 4}=113$, $p_{20\ 5}=165$, $p_{20\ 6}=78$, $p_{20\ 7}=86$, $p_{20\ 8}=198$, $p_{20\ 9}=163$, $p_{20\ 10}=135$, $p_{20\ 11}=208$, $p_{20\ 12}=196$, $p_{20\ 13}=150$, $p_{20\ 14}=110$, $p_{20\ 15}=72$, $p_{20\ 16}=63$, $p_{20\ 17}=53$, $p_{20\ 18}=80$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0	30	55	25	77	60	42	98	100	131	138	151	166	126	88	79	75	102	100	128	141
2	30	0	25	55	107	90	72	68	70	101	108	121	139	123	118	109	105	132	130	158	171
3	55	25	0	80	132	115	97	43	45	76	83	96	114	98	136	134	130	157	155	183	189
4	25	55	80	0	52	35	57	123	125	156	163	176	181	141	103	94	60	87	85	113	156
5	77	107	132	52	0	87	109	175	177	208	215	228	233	193	155	146	112	139	137	165	208
6	60	90	115	35	87	0	22	158	159	131	198	192	146	106	68	59	25	52	50	78	121
7	42	72	97	57	109	22	0	140	137	109	180	170	124	84	46	37	33	60	58	86	99
8	98	68	43	123	175	158	140	0	35	66	40	53	99	88	126	135	173	200	170	198	179
9	100	70	45	125	177	159	137	35	0	31	45	58	69	53	91	100	160	187	135	163	144
10	131	101	76	156	208	131	109	66	31	0	76	89	38	25	63	72	132	159	107	135	116
11	138	108	83	163	215	198	180	40	45	76	0	13	59	98	136	145	205	232	180	208	189
12	151	121	96	176	228	192	170	53	58	84	13	0	46	86	124	133	193	220	168	196	177
13	166	139	114	181	233	146	124	99	69	38	59	46	0	40	78	87	147	174	122	150	131
14	126	123	98	141	193	106	84	88	53	25	98	86	40	0	38	47	107	134	82	110	91
15	88	118	136	103	155	68	46	126	91	63	136	124	78	38	0	9	69	96	44	72	53
16	79	109	134	94	146	59	37	135	100	72	145	133	87	47	9	0	60	87	35	63	62
17	75	105	130	60	112	25	33	173	160	132	205	193	147	107	69	60	0	27	25	53	122
18	102	132	157	87	139	52	60	200	187	159	232	220	174	134	96	87	27	0	52	80	149
19	100	130	155	85	137	50	58	170	135	107	180	168	122	82	44	35	25	52	0	28	97
20	128	158	183	113	165	78	86	198	163	135	208	196	150	110	72	63	53	80	28	0	35
21	141	171	189	156	208	121	99	179	144	116	189	177	131	91	53	62	122	149	97	35	0

Табела 33

Во табелата 34 е најден најкраток пат меѓу јазлите: 4-21, 5-21, 6-21, 17-21, 18-21, 19-21, 21-4, 21-5, 21-6, 21-17, 21-18, 21-19.

$A_k[i,j]=\min(A_{k-1}[i,j], A_{k-1}[i,k]+A_{k-1}[k,j])$: $p_{4\ 21}=148$, $p_{5\ 21}=200$, $p_{6\ 21}=113$,
 $p_{17\ 21}=88$, $p_{18\ 21}=115$, $p_{19\ 21}=63$, $p_{21\ 4}=148$, $p_{21\ 5}=200$, $p_{21\ 6}=113$, $p_{21\ 17}=88$,
 $p_{21\ 18}=115$, $p_{21\ 19}=63$

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОК

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0	30	55	25	77	60	42	98	100	131	138	151	166	126	88	79	75	102	100	128	141
2	30	0	25	55	107	90	72	68	70	101	108	121	139	123	118	109	105	132	130	158	171
3	55	25	0	80	132	115	97	43	45	76	83	96	114	98	136	134	130	157	155	183	189
4	25	55	80	0	52	35	57	123	125	156	163	176	181	141	103	94	60	87	85	113	148
5	77	107	132	52	0	87	109	175	177	208	215	228	233	193	155	146	112	139	137	165	200
6	60	90	115	35	87	0	22	158	159	131	198	192	146	106	68	59	25	52	50	78	113
7	42	72	97	57	109	22	0	140	137	109	180	170	124	84	46	37	33	60	58	86	99
8	98	68	43	123	175	158	140	0	35	66	40	53	99	88	126	135	173	200	170	198	179
9	100	70	45	125	177	159	137	35	0	31	45	58	69	53	91	100	160	187	135	163	144
10	131	101	76	156	208	131	109	66	31	0	76	89	38	25	63	72	132	159	107	135	116
11	138	108	83	163	215	198	180	40	45	76	0	13	59	98	136	145	205	232	180	208	189
12	151	121	96	176	228	192	170	53	58	84	13	0	46	86	124	133	193	220	168	196	177
13	166	139	114	181	233	146	124	99	69	38	59	46	0	40	78	87	147	174	122	150	131
14	126	123	98	141	193	106	84	88	53	25	98	86	40	0	38	47	107	134	82	110	91
15	88	118	136	103	155	68	46	126	91	63	136	124	78	38	0	9	69	96	44	72	53
16	79	109	134	94	146	59	37	135	100	72	145	133	87	47	9	0	60	87	35	63	62
17	75	105	130	60	112	25	33	173	160	132	205	193	147	107	69	60	0	27	25	53	88
18	102	132	157	87	139	52	60	200	187	159	232	220	174	134	96	87	27	0	52	80	115
19	100	130	155	85	137	50	58	170	135	107	180	168	122	82	44	35	25	52	0	28	63
20	128	158	183	113	165	78	86	198	163	135	208	196	150	110	72	63	53	80	28	0	35
21	141	171	189	148	200	113	99	179	144	116	189	177	131	91	53	62	88	115	63	35	0

Табела 34

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0	30	55	25	77	60	42	98	100	131	138	151	166	126	88	79	75	102	100	128	141
2	30	0	25	55	107	90	72	68	70	101	108	121	139	123	118	109	105	132	130	158	171
3	55	25	0	80	132	115	97	43	45	76	83	96	114	98	136	134	130	167	155	183	189
4	25	55	80	0	52	35	57	123	125	156	163	176	181	141	103	94	60	87	85	113	148
5	77	107	132	52	0	87	109	175	177	208	215	228	233	193	155	146	112	139	137	165	200
6	60	90	115	35	87	0	22	158	159	131	198	192	146	106	68	59	25	52	50	78	113
7	42	72	97	57	109	22	0	140	137	109	180	170	124	84	46	37	33	60	58	86	99
8	98	68	43	123	175	158	140	0	35	66	40	53	99	88	126	135	173	200	170	198	179
9	100	70	45	125	177	159	137	35	0	31	45	58	69	53	91	100	160	187	135	163	144
10	131	101	76	156	208	131	109	66	31	0	76	89	38	25	63	72	132	159	107	135	116
11	138	108	83	163	215	198	180	40	45	76	0	13	59	98	136	145	205	232	180	208	189
12	151	121	96	176	228	192	170	53	58	84	13	0	46	86	124	133	193	220	168	196	177
13	166	139	114	181	233	146	124	99	69	38	59	46	0	40	78	87	147	174	122	150	131
14	126	123	98	141	193	106	84	88	53	25	98	86	40	0	38	47	107	134	82	110	91
15	88	118	136	103	155	68	46	126	91	63	136	124	78	38	0	9	69	96	44	72	53
16	79	109	134	94	146	59	37	135	100	72	145	133	87	47	9	0	60	87	35	63	62
17	75	105	130	60	112	25	33	173	160	132	205	193	147	107	69	60	0	27	25	53	88
18	102	132	157	87	139	52	60	200	187	159	232	220	174	134	96	87	27	0	52	80	115
19	100	130	155	85	137	50	58	170	135	107	180	168	122	82	44	35	25	52	0	28	63
20	128	158	183	113	165	78	86	198	163	135	208	196	150	110	72	63	53	80	28	0	35
21	141	171	189	148	200	113	99	179	144	116	189	177	131	91	53	62	88	115	63	35	0

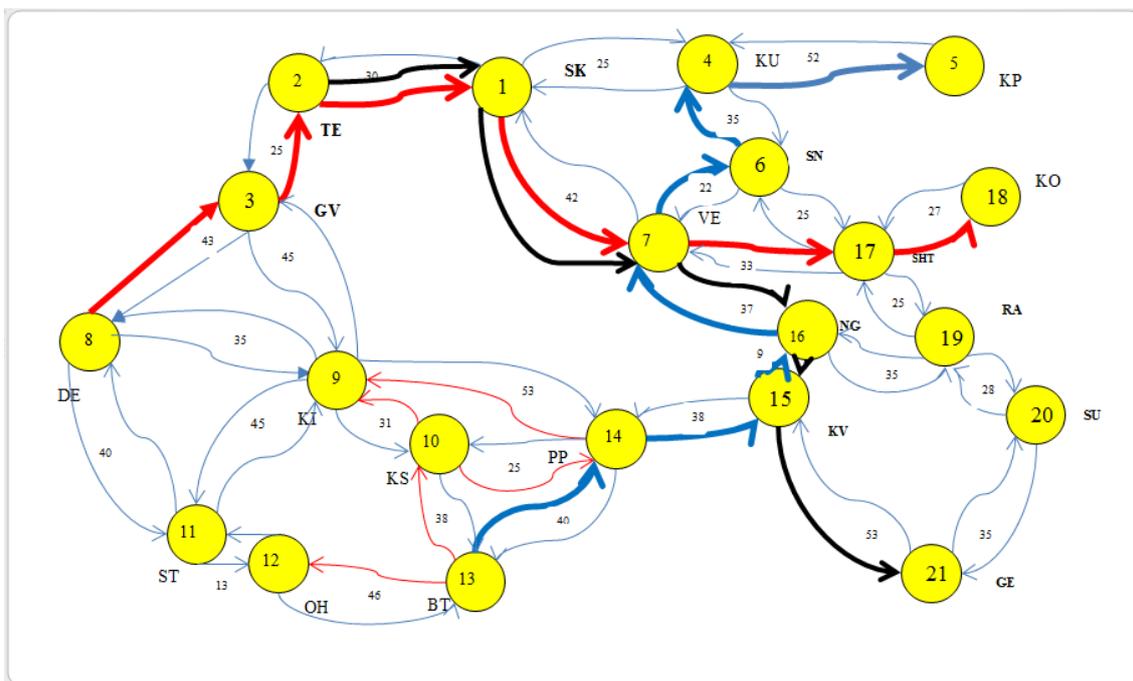
Табела 35

Базирајќи се на резултатите од табелата 35 која е добиена со примена на алгоритмот Флојд-Воршал и картата на градовите со броеви од 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21 кои кореспондираат со симболите (SK,TE,GO,KU,KP,SN,VE,DE,KI,KS,ST,OH,BT,PP,KV,NG,SHT,KO,RA,SU,GE), може да провериме со неколку примери дали е најден најкраткиот пат меѓу тие градови и да ги обележуваме рутите .

Пример: 8(DE)----->18(KO) со најкраток пат 200,

13(BT)----->5(KP) со најкраток пат 233,

2(TE)----->21(GE) со најкраток пат 171.



Слика 8. Обележување на најкраткиот пат на три пара јазли

Бидејќи графот има 21 јазол се разбира дека има 200 рути кои го опишуваат најкраткиот пат во еден правец меѓу сите парови на јазлите на овој граф. Од табелата 35 може да се прочитаат сите вредностите на најкратките патишта во двата правци (пример Гевгелија – Струмица 35, Струмица – Гевгелија 35). Во продолжение опишуваме неколку рути:

Од јазолот1	До јазолот2	Дистанца	Рута од најкраткиот пат според Флојд-Воршал
Гевгелија(21)	Струмица(20)	35	Гевгелија-Струмица
Гевгелија(21)	Радовиш(19)	63	Гевгелија-Струмица-Радовиш
Гевгелија(21)	Штип(17)	88	Гевгелија-Струмица-Радовиш-Штип
Гевгелија(21)	Кочани(18)	115	Гевгелија-Струмица-Радовиш-Штип-Кочани
Гевгелија(21)	Свети Николе(6)	113	Гевгелија-Струмица-Радовиш-Штип-Свети Николе
Гевгелија(21)	Куманово(4)	148	Гевгелија-Струмица-Радовиш-Штип-Свети Николе-Куманово
Гевгелија(21)	Крива паланка(5)	200	Гевгелија-Струмица-Радовиш-Штип-Свети Николе-Куманово-Крива Паланка
Гевгелија(21)	Неготино(16)	62	Гевгелија-Кавадарци-Неготино
Гевгелија(21)	Кавадарци(15)	53	Гевгелија-Кавадарци
Гевгелија(21)	Велес(7)	99	Гевгелија-Кавадарци-Неготино-Велес
Гевгелија(21)	Скопје(1)	141	Гевгелија-Кавадарци-Неготино-Велес-Скопје

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОК

Гевгелија(21)	Тетово(2)	171	Гевгелија-Кавадарци-Неготино-Велес-Скопје-Тетово
Гевгелија(21)	Гостивар(3)	189	Гевгелија-Кавадарци-Прилеп-Кичево-Гостивар
Гевгелија(21)	Дебар(8)	179	Гевгелија-Кавадарци-Прилеп-Кичево-Дебар
Гевгелија(21)	Кичево(10)	144	Гевгелија-Кавадарци-Прилеп-Кичево
Гевгелија(21)	Струга(13)	189	Гевгелија-Кавадарци-Прилеп-Кичево-Струга
Гевгелија(21)	Прилеп(14)	91	Гевгелија-Кавадарци-Прилеп
Гевгелија(21)	Битола(13)	131	Гевгелија-Кавадарци-Прилеп-Битола
Гевгелија(21)	Охрид(12)	177	Гевгелија-Кавадарци-Прилеп-Битола-Охрид
Гевгелија(21)	Струга(13)	189	Гевгелија-Кавадарци-Прилеп-Кичево-Струга
Битолла(13)	Прилеп(14)	40	Битола-Прилеп
Битолла(13)	Кавадарци(15)	78	Битола-Прилеп-Кавадарци
Битолла(13)	Неготино(16)	87	Битола-Прилеп-Кавадарци-Неготино
Битолла(13)	Радовиш(19)	122	Битола-Прилеп-Кавадарци-Неготино-Радовиш
Битолла(13)	Штип(17)	147	Битола-Прилеп-Кавадарци-Неготино-Радовиш-Штип
Битола(13)	Кочани(18)	174	Битола-Прилеп-Кавадарци-Неготино-Радовиш-Штип-Кочани
Битолла(13)	Струмица(20)	150	Битола-Прилеп-Кавадарци-Неготино-Радовиш-Струмица
Битолла(13)	Гевгелија(21)	131	Битола-Прилеп-Кавадарци-Гевгелија
Битолла(13)	Велес(7)	124	Битола-Прилеп-Кавадарци-Неготино-Велес
Битолла(13)	Скопје(1)	124	Битола-Прилеп-Кавадарци-Неготино-Велес-Скопје
Битола(13)	Свети Николе(6)	146	Битола-Прилеп-Кавадарци-Неготино-Велес-Свети Николе
Битола(13)	Куманово(4)	181	Битола-Прилеп-Кавадарци-Неготино-Велес-Свети Николе-Куманово
Битола(13)	Крива Паланка(5)	233	Битола-Прилеп-Кавадарци-Неготино-Велес-Свети Николе-Куманово-Крива Паланка
Битола(13)	Тетово(2)	139	Битола-Крушево-Кичево-Гостивар-Тетово
Битола(13)	Гостивар(3)	114	Битола-Крушево-Кичево-Гостивар
Битола(13)	Кичево(9)	69	Битола-Крушево-Кичево
Битола(13)	Крушево(10)	38	Битола-Крушево
Битола(13)	Охрид(12)	46	Битола-Охрид
Битола(13)	Струга(11)	59	Битола-Охрид-Струга
Битола(13)	Дебар(8)	99	Битола-Охрид-Струга-Дебар
Тетово(2)	Скопје(1)	30	Тетово-Скопје
Тетово(2)	Куманово(4)	55	Тетово-Скопје-Куманово
Тетово(2)	Крива Паланка(5)	107	Тетово-Скопје-Куманово-Крива Паланка
Тетово(2)	Свети Николе(6)	90	Тетово-Скопје-Куманово-Свети Николе
Тетово(2)	Велес(7)	72	Тетово-Скопје-Велес
Тетово(2)	Штип(6)	105	Тетово-Скопје-Велес-Штип
Тетово(2)	Кочани(18)	132	Тетово-Скопје-Велес-Штип-Кочани-Кочани

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОК

Тетово(2)	Радовиш(19)	130	Тетово-Скопје-Велес-Штип-Радовиш
Тетово(2)	Струмица(20)	158	Тетово-Скопје-Велес-Штип-Радовиш-Струмица
Тетово(2)	Неготино(6)	109	Тетово-Скопје-Велес-Неготино
Тетово(2)	Кавадарци(15)	118	Тетово-Скопје-Велес-Неготино-Кавадарци
Тетово(2)	Гевгелија(21)	171	Тетово-Скопје-Велес-Неготино-Кавадарци-Гевгелија
Тетово(2)	Прилеп(14)	123	Тетово-Гостивар-Кичево-Прилеп
Тетово(2)	Крушево(10)	101	Тетово-Гостивар-Кичево-Крушево
Тетово(2)	Битола(13)	139	Тетово-Гостивар-Кичево-Крушево-Битола
Тетово(2)	Кичево(9)	70	Тетово-Гостивар-Кичево
Тетово(2)	Дебар(8)	68	Тетово-Гостивар-Дебар
Тетово(2)	Струга(11)	108	Тетово-Гостивар-Дебар-Струга
Тетово(2)	Охрид(12)	121	Тетово-Гостивар-Дебар-Струга-Охрид
Тетово(2)	Гостивар(3)	25	Тетово-Гостивар
Штип(17)	Велес(7)	33	Штип-Велес
Штип(17)	Скопје(1)	75	Штип-Велес-Скопје
Штип(17)	Тетово(2)	105	Штип-Велес-Скопје-Тетово
Штип(17)	Гостивар(3)	130	Штип-Велес-Скопје-Тетово-Гостивар
Штип(17)	Дебар(8)	173	Штип-Велес-Скопје-Тетово-Гостивар-Дебар
Штип(17)	Кичево(9)	160	Штип-Радовиш-Неготино-Кавадарци-Прилеп-Кичево
Штип(17)	Струга(11)	205	Штип-Радовиш-Неготино-Кавадарци-Прилеп-Кичево-Струга
Штип(17)	Охрид(12)	193	Штип-Радовиш-Неготино-Кавадарци-Прилеп-Битола-Охрид
Штип(17)	Битола(13)	147	Штип-Радовиш-Неготино-Кавадарци-Прилеп-Битола
Штип(17)	Крушево(10)	132	Штип-Радовиш-Неготино-Кавадарци-Прилеп-Крушево
Штип(17)	Кавадарци(15)	69	Штип-Радовиш-Неготино-Кавадарци
Штип(17)	Прилеп(14)	107	Штип-Радовиш-Неготино-Кавадарци-Прилеп
Штип(17)	Неготино(16)	60	Штип-Радовиш-Неготино
Штип(17)	Радовиш(19)	25	Штип-Радовиш
Штип(17)	Струмица(20)	53	Штип-Радовиш-Струмица
Штип(17)	Гевгелија(21)	88	Штип-Радовиш-Струмица-Гевгелија
Штип(17)	Свети Николе(6)	25	Штип-Свети Николе
Штип(17)	Куманово(4)	60	Штип-Свети Николе-Куманово
Штип(17)	Крива Паланка(5)	112	Штип-Свети Николе-Куманово-Крива Паланка
Штип(17)	Кочани(18)	27	Штип-Кочани
...
Кичево(9)	Велес(7)	137	Кичево-Прилеп-Кавадарци-Неготино-Велес
Кичево(9)	Куманово(4)	125	Кичево-Гостивар-Тетово-Скопје-Куманово

Кичево(9)	Свети Николе(6)	159	Кичево-Прилеп-Кавадарци-Неготино-Велес-Свети Николе
Прилеп(14)	Скопје(1)	126	Прилеп- Кавадарци-Неготино-Велес-Скопје
Струга(11)	Велес(7)	180	Струга-Дебар-Гостивар-Тетово-Скопје-Велес
Струга (11)	Штип(17)	205	Струга-Кичево-Прилеп-Кавадарци-Неготино- Радовиш-Штип
Охрид(12)	Гевгелија(21)	177	Охрид-Битола-Прилеп-Крива Паланка-Гевгелија
Охрид(12)	Велес(7)	170	Охрид-Битола-Прилеп-Кавадарци-Неготино-Велес
Куманово(4)	Охрид(12)	176	Куманово-Скопје-Тетово-Гостивар-Дебар-Струга- Охрид
Неготино(16)	Гостивар(3)	134	Неготино-Велес-Скопје-Тетово-Гостивар
Неготино(16)	Кичево(9)	100	Неготино-Кавадарци-Прилеп-Кичево
Скопје(1)	Крушево(10)	131	Скопје-Тетово-Гостивар-Кичево-крушево
Крива Паланка(5)	Струга(11)	215	Крива Паланка-Куманово-Скопје-тетово-Гостивар- Дебар-Струга
Дебар(8)	Гевгелија(21)	179	Дебар-Кичево-Прилеп- Кавадарци-Гевгелија

Табела 36. *Најкраток пат и рута со Флојд-Воршал*

4.5 Псевдокодот на алгоритмот Флојд-Воршал

```

1  for i = 1 to N
2  for j = 1 to N
3    if there is an edge from i to j
4      dist[0][i][j] = the length of the edge from i to j
5    else
6      dist[0][i][j] = INFINITY
7  for k = 1 to N
8  for i = 1 to N
9  for j = 1 to N
10     dist[k][i][j] = min(dist[k-1][i][j], dist[k-1][i][k] +
dist[k-1][k][j])

```

Овој псевдокод ги има овие постапки: во редот 1 и 2 се поставуваат вредностите на тежината на гранките на матрицата со димензиите $n \times n$. Во редот 3 се проверува дали има линк меѓу јазлите на графот, се пишува вредноста на таа гранка и спротивно го имаме редот 6 каде што оваа вредност е ∞ (INFINITY). Од кога ќе се напишат елементите на матрицата сега ја имаме и променливата k која истовремено се поставува на редот i и колоната j која се гледа во редот 7, 8 и 9. Во редот 10 се прави споредба меѓу елементите на матрицата која претставува

дистанца меѓу два јазли (точки) на графот $\text{dist}[k-1][i][j]$ и збирот на елементите кои се наоѓат на колоната k и редот k $\text{dist}[k-1][i][k] + \text{dist}[k-1][k][j]$. Ако овој збир е помал од постојната вредност во матрицата тогаш се менува постарата вредност, во спротивно останува старата вредност. Конечно се бара минимумот $\min(\text{dist}[k-1][i][j], \text{dist}[k-1][i][k] + \text{dist}[k-1][k][j])$.

4.6 Код на алгоритмот на Флојд-Воршал во програмски јазик C++

```
/*
 *
 * The Floyd-Warshall algorithm
 *
 * for any questions please contact: mbarek@math.uni-siegen.de
 *
 * for the GNU General Public License (GPL) please see
 * http://www.gnu.org/licenses/
 *
 * to compile(gnu): g++ [-W] -o Floyd-Warshall Floyd-Warshall.cpp
 *
 * have a lot of fun!
 */

#include <iostream>
#include <iomanip>
#include <math.h>
#include <limits.h>
#include <windows.h>
using namespace std;
const int Infity=999;

void m_print( int** m, int n) {

    int i, j;

    for( i=0; i<n; ++i) {
        cout << "\n";
        for( j=0; j<n ; ++j) {
            cout << m[i][j] << "\t" ;
        }
    }
}
```

```
    cout << endl;
}

int main()
{
    int n;
    int i,j, k, l;
    cout <<
    "*****Input:*****" << endl;
    cout << " vnesi broj na redovi i koloni na matricata: ";
    cin >> n;
    int **c, **d, **e;
    c = new int* [n];
    d = new int* [n];
    e = new int* [n];
    for (i = 0; i < n; i++) {
        c[i] = new int[n];
        d[i] = new int[n];
        e[i] = new int[n];
    }

    for (i = 0; i < n; i++)
    {
        for (j = 0; j < n; j++)
        {
            cout << "vnesi elementite na matricata c" << i+1 << j+1 <<"
            =";
            cin >> c[i][j];
        }
    }

    cout << "vnesenata matrica e:" << endl;
    m_print( c, n);

    for( i=0; i<n; i++)
    {
        for( j=0; j<n; j++)
        {
            d[i][j]=c[i][j];
            e[i][j]=i;
        }
    }
}
```

```

    d[i][i]=Infty;
}
bool Cikli_negativ = false;
j=0;
    long koha1,koha2;
    koha1=GetTickCount();
while((false == Cikli_negativ ) && (j<n)) {
    m_print( d, n);
    cout << " ponatamosniot cekore e:";
    m_print( e, n);
    for( k=0; k<n; ++k) {
        for( l=0; l<n; ++l)
        {
            if((k != j) && (l != j))
            {
                if(d[k][l] > d[k][j]+d[j][l])
                {
                    d[k][l] = d[k][j]+d[j][l];
                    e[k][l] = e[j][l];
                }
            }
        }
        if ( d[k][k] < 0)
        {
            Cikli_negativ = true;
            cout << "Yes !!! Cikli_negativ = true" << endl;
            cout <<
            "*****Output:*****" <<
endl;
        }
    }
    j += 1;
}
    koha2=GetTickCount();
    getchar();
    cout<<"vremeto na algoritmot e " <<koha1-koha2<<"milisekondi";

    m_print( d, n);
    cin.get();
return 0;
}

```

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОЌ

Резултатите кои се добиваат по извршување на овој код и внесените податоци кои се тежиштата на темињата на графот претставуваат најкраток пат меѓу сите парови на јазлите на графот или на рутерите на 21 град на претпоставената мрежа.

uremeto na algoritmot e -20233milisekondi										
50	30	55	25	77	60	42	98	100	131	
138	151	166	126	88	79	75	102	100	128	
141										
30	50	25	55	107	90	72	68	70	101	
108	121	139	123	118	109	105	132	130	158	
171										
55	25	50	80	132	115	97	43	45	76	
83	96	114	98	136	134	130	157	155	183	
189										
25	55	80	50	52	35	57	123	125	156	
163	176	181	141	103	94	60	87	85	113	
148										
77	107	132	52	104	87	109	175	177	208	
215	228	233	193	155	146	112	139	137	165	
200										
60	90	115	35	87	44	22	158	159	131	
198	192	146	106	68	59	25	52	50	78	
113										
42	72	97	57	109	22	44	140	137	109	
180	170	124	84	46	37	33	60	58	86	
99										
98	68	43	123	175	158	140	70	35	66	
40	53	99	88	126	135	173	200	170	198	
179										
100	70	45	125	177	159	137	35	62	31	
45	58	69	53	91	100	160	187	135	163	
144										
131	101	76	156	208	131	109	66	31	50	
76	84	38	25	63	72	132	159	107	135	
116										
131	101	76	156	208	131	109	66	31	50	
76	84	38	25	63	72	132	159	107	135	
116										
138	108	83	163	215	198	180	40	45	76	
26	13	59	98	136	145	205	232	180	208	
189										
151	121	96	176	228	192	170	53	58	84	
13	26	46	86	124	133	193	220	168	196	
177										
166	139	114	181	233	146	124	99	69	38	
59	46	76	40	78	87	147	174	122	150	
131										
126	123	98	141	193	106	84	88	53	25	
98	86	40	50	38	47	107	134	82	110	
91										
88	118	136	103	155	68	46	126	91	63	
136	124	78	38	18	9	69	96	44	72	
53										
79	109	134	94	146	59	37	135	100	72	
145	133	87	47	9	18	60	87	35	63	
62										
75	105	130	60	112	25	33	173	160	132	
205	193	147	107	69	60	50	27	25	53	
88										
102	132	157	87	139	52	60	200	187	159	
232	220	174	134	96	87	27	54	52	80	
115										
100	130	155	85	137	50	58	170	135	107	
180	168	122	82	44	35	25	52	50	28	
63										

128	158	183	113	165	78	86	198	163	135
208	196	150	110	72	63	53	80	28	56
35									
141	171	189	148	200	113	99	179	144	116
189	177	131	91	53	62	88	115	63	35
70									

Слика 9.Најкраток пат пресметан со алгоритмот Флојд-Воршал

Резултатите добиени од програмата се поклопуват со последната табела каде што детално се опишани чекорите на алгоритмот низ 21 табела.

4.6.1 Пресметување на оптеретување(Erlang) меѓу јазлите на мрежата

За да се креира пропусниот опсег(bandwidth)на секој линк на мрежата треба да имаме прво пресметано оптеретувањето(Erlang) за секој линк. Тоа се прави поминувајќи низ неколку фази:

- претходно треба да биде пресметан сообраќај на градовите, вклучувајќи и SEI .

- После тоа се пресметува сообраќај меѓу сите градови и се креира матрица на сообраќајот меѓу сите парови на јазли, односно на градови .

- Аплициравме алгоритми за наоѓање најкраток пат (Флојд-Воршал) меѓу сите парови на јазли, односно на градови.

- Врз основа на тие рути се пресметува Erlang. Има случаи кога еден линк е оптоварен повеќе затоа што низ тој линк има можност да поминуваат неколку рути што одредуваат најкратки патишта од неколку парови на јазли. Тука се собираат повеќе вредности на сообраќај на разни парови на градови, па затоа на такви специфични линкови имаме зголемен Erlang. Исто така, има дел од рути што не се користени, односно собирани за одредување на вредноста на Erlang затоа што за рути што не поминуваат низ тој линк каде што се пресметува Erlang вредноста се зема за 0.

Во продолжение наведуваме еден пример како се пресметува Erlang меѓу јазлите Тетово-Скопје:

Линк	Најкраток пат	Поминува/ непоминува низ линкот Тетово-Скопје	Сообраќајот со SEI
Тетово-Скопје	30 км	да	148,4
Тетово-Гостивар	25	не	0
Тетово- Куманово	55 км	да	28,92

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОЌ

Тетово-Крива Паланка	107	да	5,23
Тетово-Свети Николе	90	да	4,76
Тетово-Велес	72	да	14,55
Тетово- Дебар	68	не	0
Тетово-Кичево	70	не	0
Тетово-Крушево	101	не	0
Тетово-Струга	108	не	0
Тетово- Охрид	121	не	0
Тетово- Битола	139	не	0
Тетово-Прилеп	123	не	0
Тетово-Кавадарци	118	да	10,27
Тетово-Неготино	109	да	5,17
Тетово- Штип	105	да	13,35
Тетово-Кочани	132	да	10,58
Тетово-Радовиш	130	да	7,98
Тетово-Струмица	158	да	14,50
Тетово-Гевгелија	171	да	6,65
Скопје-Гостивар	55	да	138,9
Скопје-Куманово	25	не	0
Скопје-Крива Паланка	77	не	0
Скопје-Свети Николе	60	не	0
Скопје-Велес	42	не	0
Скопје-Дебар	98	да	33,50
Скопје-Кичево	100	да	81,78
Скопје-Крушево	131	да	16,6
Скопје-Струга	138	да	108,6
Скопје- Охрид	151	да	95,5
Скопје-Битола	166	да	163,5
Скопје-Прилеп	126	не	0

Скопје- Кавадарци	88	не	0
Скопје-Неготино	79	не	0
Скопје-Штип	75	не	0
Скопје-Кочани	102	не	0
Скопје-Радовиш	100	не	0
Скопје-Струмица	128	не	0
Скопје-Гевгелија	141	не	0
ЕРЛАНГ ТЕТОВО-СКОПЈЕ			908,74

Табела 37. Пресметување на оптеретувањето(Erlang) Тетово-Скопје

Со иста методологија пресметуваме Erlang на 30 парови јазли. Максималната вредност на Erlang е на линкот Скопје – Тетово (908,74). Минималната вредност е на линкот Прилеп – Крушево (9,6).

	Erlang
1	Скопје-Тетово 908,74
2	Скопје-Куманово 319
3	Скопје -Велес 756
4	Тетово -Гостивар 383,2
5	Гостивар-Кичево 235,6
6	Гостивар-Дебар 91,1
7	Кичево- Дебар 15,8
8	Кичево- Струга 92,6
9	Кичево-Крушево 41,6
10	Охрид-Струга 190,9
11	Струга- Дебар 193,6
12	Битола- Охрид 89,3
13	Битола-Крушево 68,7
14	Битола -Прилеп 320,6
15	Прилеп-Кичево 117,3
16	Прилеп- Крушево 9,6
17	Прилеп-Кавадарци 286,4
18	Кавадарци -Неготино 133,9
19	Кавадарци - Гевгелија 88
20	Велес -неготино 118,5
21	Штип-Велес 130,7
22	Кочани-Штип 175,2

23	Штип-Радовиш	161,2
24	Штип-Свети Николе	30
25	Велес-Свети Николе	42,6
26	Свети Николе-Куманово	206,7
27	Куманово –Крива Паланка	87,9
28	Радовиш-Неготино	48,3
29	Радовиш-Струмица	172,4
30	Струмица-Гевгелија	23,9

Табела 38. Erlang на неколку парови јазли

4.6.2 Пресметување на пропусниот опсег (Bandwidth) меѓу јазлите на мрежата

Поимот Bandwidth за комуникациските мрежи значи количина на податоци во одреден временски период кои можаат да се разменат од точка А до Б. Единица за Bandwidth е b/s (бит по секунда). Тој опсег зависи од количината на сообраќајот кој поминува низ тој линк, а се пресметува претходно од неколку рути што поминуваат низ тој линк. Така се добива Erlang на тој линк.

-Кога пресметаната вредност од еден Erlang на одреден линк се множи со 64 kbps добиваме bandwidth на тој линк како што се гледа во табелата во продолжение.

$$\text{Bandwidth} = \text{ERLANG} * 64 \text{ kbps}$$

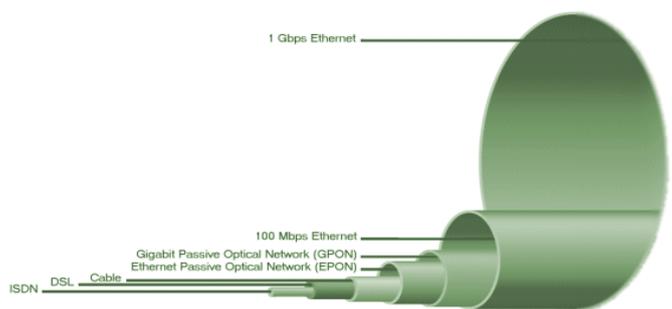
	LINK	ERLANG (traffic)	BANDWIDTH bs (bits)	kbs(kilobits)	mbs(megabits)
1	Скопје-Тетово	908,74	58159360	58159,36	58,15936
2	Скопје -Велес	756	48384000	48384	48,384
3	Тетово -Гостивар	383,2	24524800	24524,8	24,5248
4	Битола -Прилеп	320,6	20518400	20518,4	20,5184
5	Скопје-Куманово	319	20416000	20416	20,416
6	Прилеп-Кавадарци	286,4	18329600	18329,6	18,3296
7	Гостивар-Кичево	235,6	15078400	15078,4	15,0784
8	Свети Николе-Куманово	206,7	13228800	13228,8	13,2288
9	Струга- Дебар	193,6	12390400	12390,4	12,3904
10	Охрид-Струга	190,9	12217600	12217,6	12,2176
11	Кочани-Штип	175,2	11212800	11212,8	11,2128

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОЌ

12	Радовиш-Струмица	172,4	11033600	11033,6	11,0336
13	Штип-Радовиш	161,2	10316800	10316,8	10,3168
14	Кавадарци - Неготино	133,9	8569600	8569,6	8,5696
15	Штип-Велес	130,7	8364800	8364,8	8,3648
16	Велес -Неготино	118,5	7584000	7584	7,584
17	Прилеп-Кичево	117,3	7507200	7507,2	7,5072
18	Кичево- Струга	92,6	5926400	5926,4	5,9264
19	Гостивар-Дебар	91,1	5830400	5830,4	5,8304
20	Битола- Охрид	89,3	5715200	5715,2	5,7152
21	Кавадарци - Гевгелија	88	5632000	5632	5,632
22	Куманово – Крива Паланка	87,9	5625600	5625,6	5,6256
23	Битола-Крушево	68,7	4396800	4396,8	4,3968
24	Радовиш-Неготино	48,3	3091200	3091,2	3,0912
25	Велес-Свети Николе	42,6	2726400	2726,4	2,7264
26	Кичево-Крушево	41,6	2662400	2662,4	2,6624
27	Штип-Свети Николе	30	1920000	1920	1,92
28	Струмица-Гевгелија	23,9	1529600	1529,6	1,5296
29	Кичево- Дебар	15,8	1011200	1011,2	1,0112
30	Прилеп- Крушево	9,6	614400	614,4	0,6144

Tabela 39. *Bandwidth* за линкови на мрежата

Врз основа на претходните пресметувања конечно на крајот ја определуваат *Bandwidth* или опсегот на тој линк. Сега во зависност од тоа одредуваме кабел или медиум кој може да ја поддржува таа количина на сообраќај. Таквите пропорции се гледаат и од сликата во продолжение.

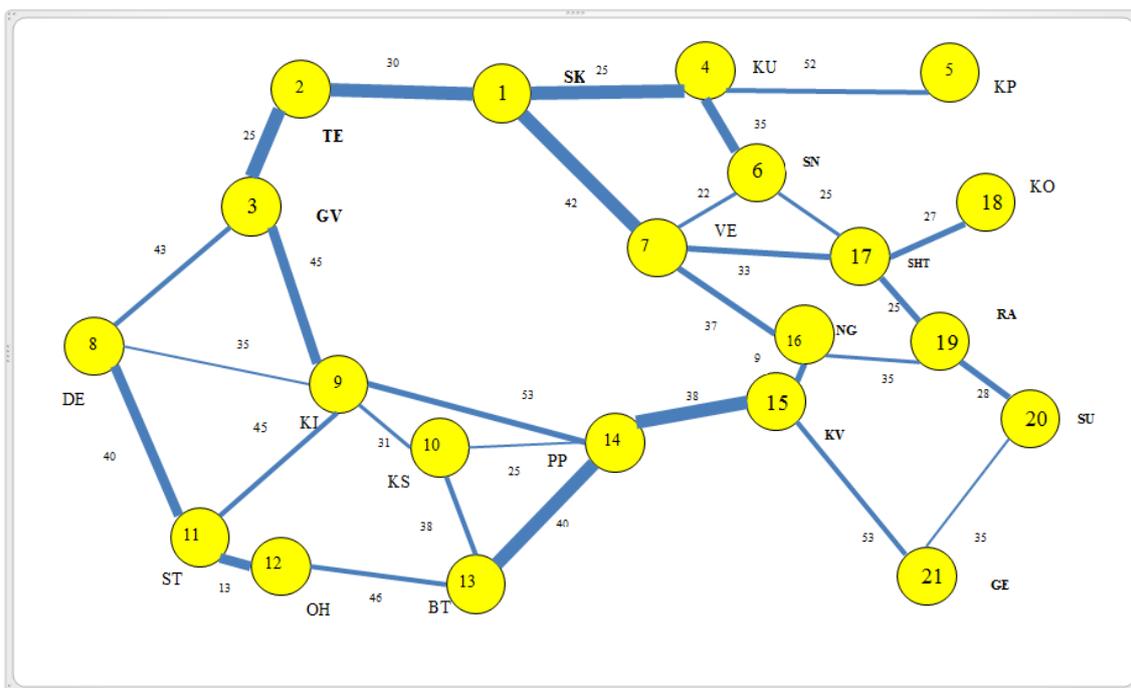


Слика 10. *Пропорции на кабли во зависност од Bandwidth*

¹ http://www.technologyuk.net/telecommunications/telecom_principles/bandwidth.shtml (Accessed 2014)

4 ТОПОЛОГИЈА НА МРЕЖАТА - НАЈКРАТКИ ПАТЕКИ И ПРОПУСНА МОЌ

Од табелата за пропусниот опсег на линковите (анг. Bandwidth) може да се дизајнира еден приближен изглед на картата на линковите на определената мрежа како што се гледа во продолжение.



Слика 11.Карта на Bandwidth (Bit/sec)

Глава 5

5 ТЕЛЕКОМИНИКАЦИСКИ ТЕХНОЛОГИИ И МОДЕЛИРАЊЕ НА ТРОШОЦИТЕ ЗА ДИЗАЈНИРАЊЕ WAN-МРЕЖА

Содржина

5.1	Историски развој на разни телекомуникациски технологии.....	86
5.2	Цени на различните технологии.....	94
5.3	Моделирање на трошоците за WAN на случај: Република Македонија..	98

Шука во кратки црти наведуваме неколку клучни моменти во развојот на комуникациските мрежи, почнувајќи со телефонска комуникација, ТВ дистрибуција, мобилна телефонија, па сè до компјутерски мрежи. Наведуваме еден еволутивен пат на развојот на комуникациските мрежи и сервисите со нив. Притоа даваме еден краток преглед како да се зголемени брзината и капацитетот на преносот на податоците (bit/s или bps). Моментално во овој регион постојат големопродажни компании во областа на телекомуникациите: АД Македонски телеком, Космофон, Он-нет, Мепсо, Македонски железници, Македонска радиодифузија и во продолжение е даден еден краток преглед. Направен е еден пресек на цените на услугите моментално во Република Македонија од разни провајдери и на цените на позајмени линии.

5 ТЕЛЕКОМИНИКАЦИСКИ ТЕХНОЛОГИИ И МОДЕЛИРАЊЕ НА ТРОШОЦИТЕ ЗА ДИЗАЈНИРАЊЕ WAN-МРЕЖА

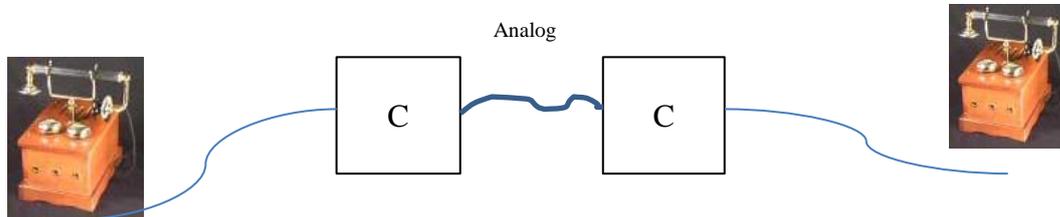
5.1 Историски развој на разни телекомуникациски технологии

Комуникациските мрежи денес се сложени системи. Преку овие мрежи се дистрибуираат податоци во вид на говор, видеосигнал, текст, но и комбинации, односно мултимедијални податоци. Постои еволутивен пат на развојот на комуникациските мрежи и сервисите со нив. Во кратки црти ќе наведеме неколку клучни моменти во развојот на комуникациските мрежи, почнувајќи со телефонската комуникација, ТВ дистрибуцијата, мобилната телефонија, па се до компјутерските мрежи.

- Првиот телефон е измислен 1876 од американскиот научник Александар Греам Бел, а првата комуникациска мрежа е реализирана 1890 година со индукторски

5 ТЕЛЕКОМИНИКАЦИСКИ ТЕХНОЛОГИИ И МОДЕЛИРАЊЕ НА ТРОШОЦИТЕ ЗА ДИЗАЈНИРАЊЕ НА WAN-МРЕЖА

телефони. Преносот на сигналот од една точка на друга беше аналоген и како посредник е еден механички комутатор.



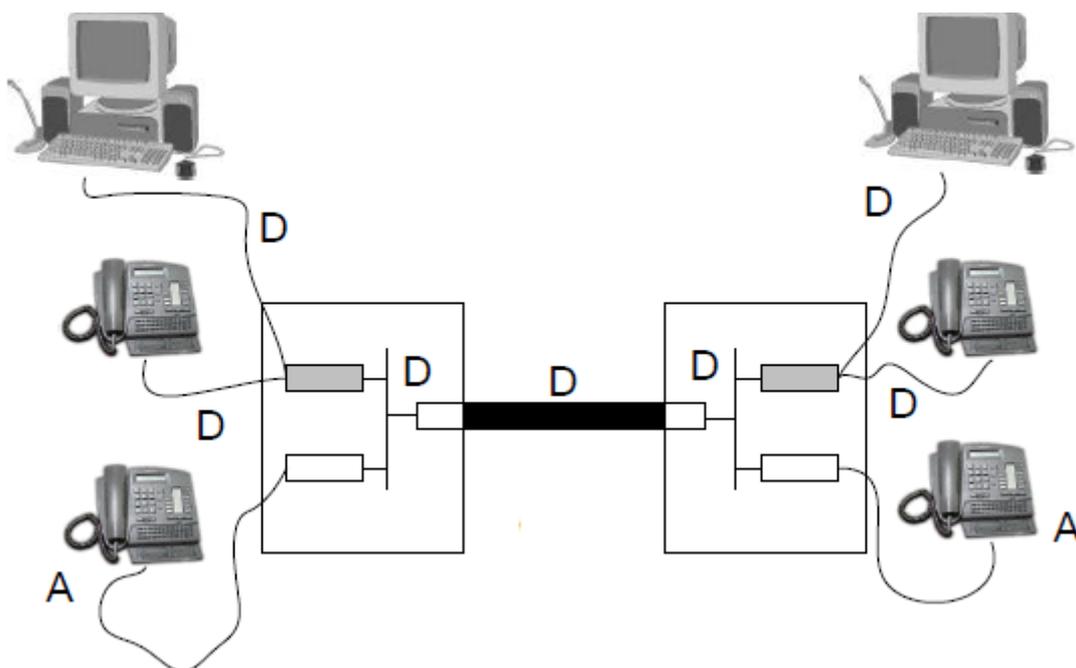
Слика 12. Индукторски телефон, комутаторски центар, аналоген пренос

- Потреба за пренос на поголема број податоци од една централа до друга диктира дигитален пренос на податоци. Еден стандард за мала количина за пренос на битови во растојание до 30 м е RS232-C од 1969 година.



Слика 13. Дигитален пренос меѓу двете центри (16 Kbps)

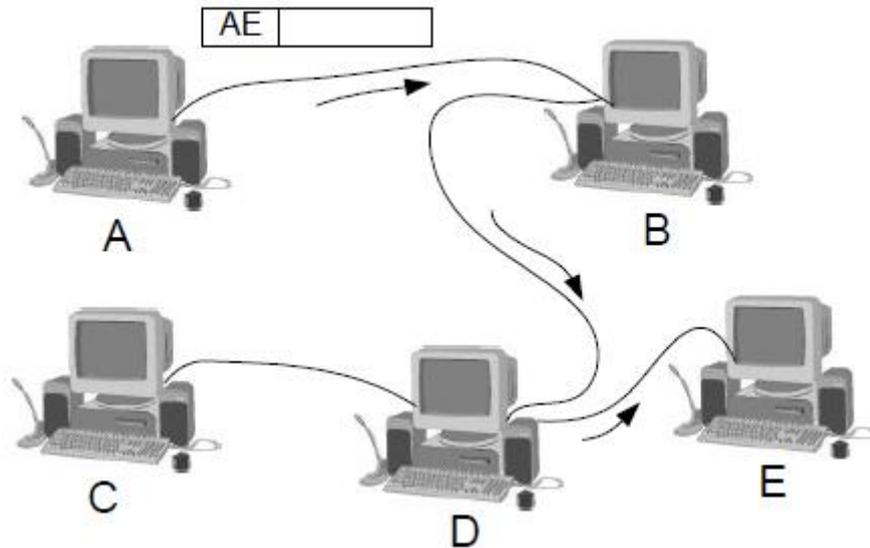
- Една од важните иновации е тоа што преносот на говорен и податочен сигнал е интегриран (Integrated Services Digital Network ISDN)



Слика 14. ISDN структура (64 Kbps)

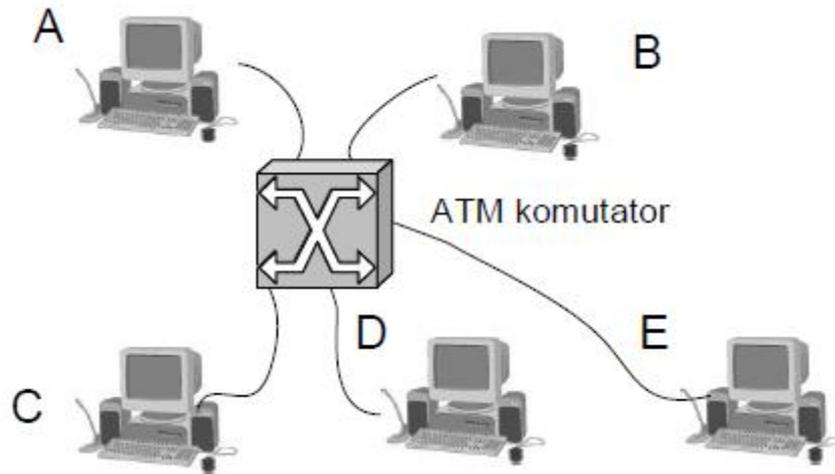
5 ТЕЛЕКОМИНИКАЦИСКИ ТЕХНОЛОГИИ И МОДЕЛИРАЊЕ НА ТРОШОЦИТЕ ЗА ДИЗАЈНИРАЊЕ НА WAN-МРЕЖА

- На крајот на 60-тите години е развиена компјутерската мрежа ARPANET, пакетно комуницирање на компјутерската мрежа.
- Во почетокот на 70-тите години инженерите откриле нов метод за поврзување на компјутерите, а тоа е таканаречен повеќе пристапен начин (*multiple-access*). Овој метод драстично ја намалува цената и ја зголемува бројот на поврзување на компјутери во LAN-мрежи. Оваа мрежа е Ethernet и на почетокот беше со битска брзина 10 Mbps, и подоцна 100 Mbps, 1000 Mbps.



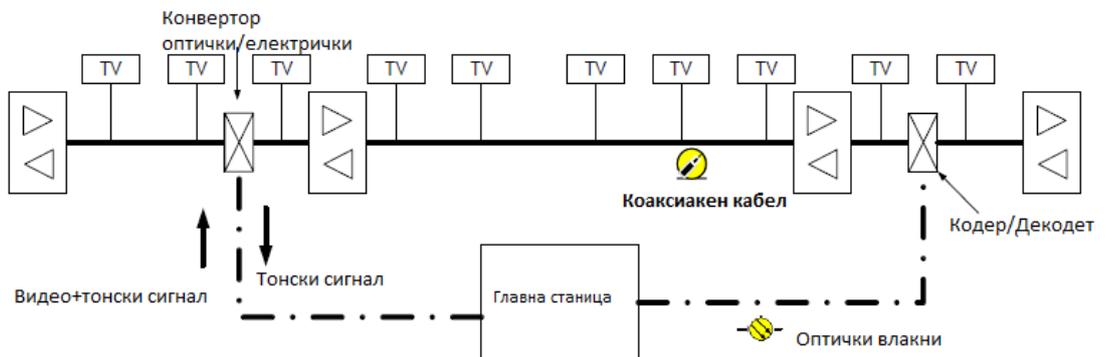
Слика 15. Ethernet мрежа со коаксијален кабел (10 Mbps..1Gbps)

- Ethernet и Token Ring (4 до 16 Mbps) мрежа за пренос на некоја мултимедијална апликација се многу бавни. Оваа потреба ги натера инженерите да развиваат нова технологија која се вика (Fiber Distributed Data Interface FDDI)
- Потреба за зголемување на количината на информација низ LAN и WAN-мрежи е перманентна. Мрежата ATM ((*Asynchronous Transfer Mode*)) е со пропуштен опсег поголем од Ethernet и Token Ring, а тоа се движи од 2,5 Gbps..10 Gbps.



Слика 16. ATM мрежи (2,5 Gbps..10Gbps)

- Пренос на податоци преку CATV (*Cable Antenna Television*) датира од 40-тите години. Оттогаш, па до сега има еден еволутивен раст на технологиите: коаксијалниот кабел е заменет со оптичкиот кабел, има кодирање на информациите, компримирање, пренос на информации преку оптички кабли итн.



Слика 17. CATV(*Cable Antenna Television*)

- Мобилните телефонски услуги почнуваат да се применуваат од 1946 во САД во 25 града. Првата безжична мрежа е формирана 1971 година на Универзитетот во Хаваи, САД именувана како Alohanet.

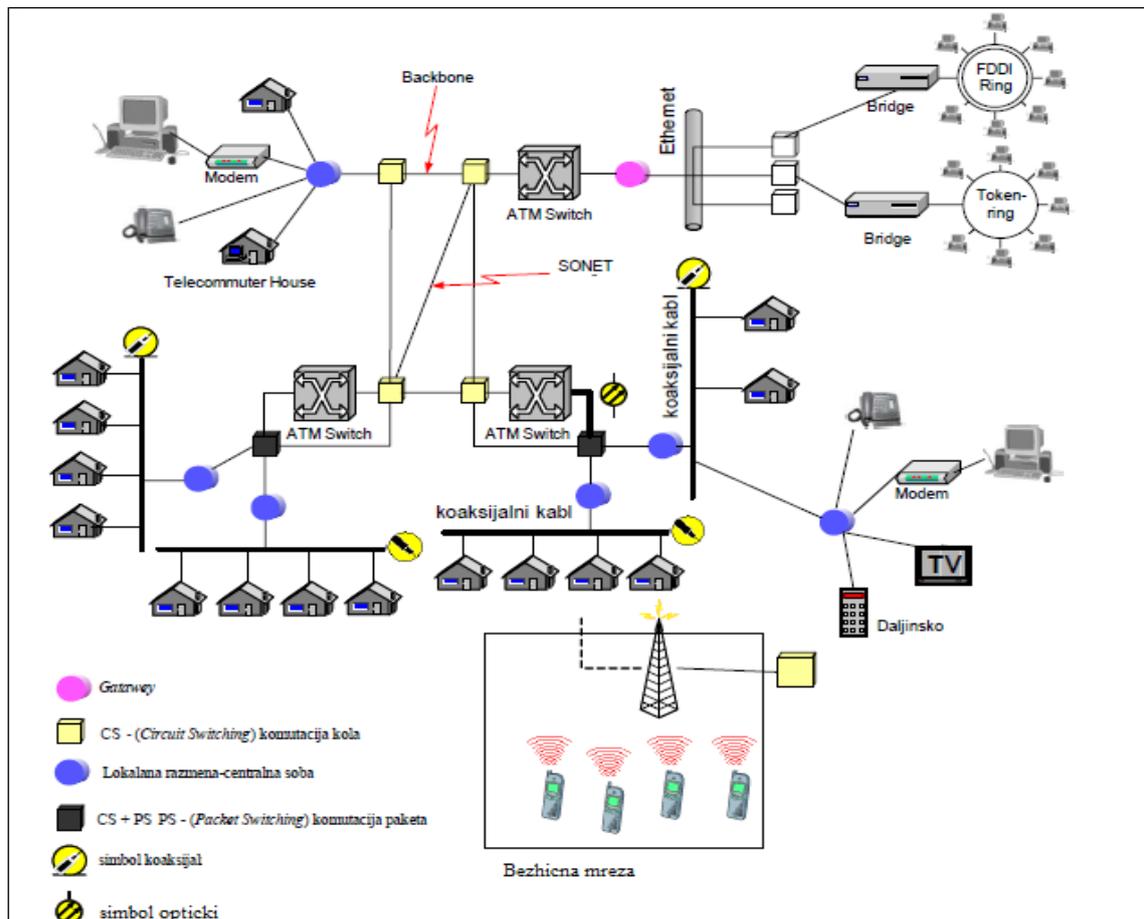
Телефонска мрежа	Компјутерска мрежа	Кабловска ТВ	Безжична мрежа
Комутација кола	Пакетска комутација, Повеќе пристапен начин	Дигитализација и компресија на сигнал	Радио и ТВ
ISDN, говор-	АРПАНЕТ	Оптички пренос	Мобилна

5 ТЕЛЕКОМИНИКАЦИСКИ ТЕХНОЛОГИИ И МОДЕЛИРАЊЕ НА ТРОШОЦИТЕ ЗА ДИЗАЈНИРАЊЕ НА WAN-МРЕЖА

податок			телефонија
Оптичка врска	Интернет, OSI	Двосмерна врска	Безжична LAN
ATM	Интегрирани сервиси, ATM	Интегрирани сервиси	Пренос на податоци и говор

Табела 40. Иновации во телефонија, компјутерски и CATV мрежи

Интернетот го сочинуваат стотина илјади LAN-мрежи дистрибуирани по цел свет, поврзани меѓу себе со таканаречен рбет (backbones) од типот WAN. Комуникацијата во LAN-мрежи се движи од 10 до 100 Mbps. Со воведување на оптичкото поврзување се зголемува брзина на комуникација на податоците низ мрежата и количината на податоците. Сега оваа брзина се движи до 10 Gbps. За да се вклопат и стари системи во новите мрежи се користат IP рутери. Не постои едноставна мрежна технологија, но тоа е како комбинација на разни типови технологии како што се: ATM, Ethernet, TV, LAN, WLAN итн.



Слика 18. Хетерогена мрежа

5 ТЕЛЕКОМИНИКАЦИСКИ ТЕХНОЛОГИИ И МОДЕЛИРАЊЕ НА ТРОШОЦИТЕ ЗА ДИЗАЈНИРАЊЕ НА WAN-МРЕЖА

Низ хронологијата на еволуцијата на интернетот може да видиме неколку технолошки чекори кои придонесуваат за развој на комуникациските мрежи и сервисите.

Година	Настани
1966	Пакети комуникација на ARPA
1972	Креиран дистрибуиран имејл
1973	Првиот неамерикански компјутер е поврзан на ARPANET
1980	Експериментиран со TCP/IP
1983	TCP/IP е комплетиран
1986	NSFnet креиран е таканаречениот рбет во САД
1991	Најавена WWW
1996	Таканаречениот рбет е реализиран со брзина 155Mbps
2012	Таканаречениот рбет е реализиран со брзина 10 Gbps
1998	Бројот на области е над 2 милјона
2012	Бројот на области е 110 милјона ²

Табела 41. *Еволутивни чекори на интернетот*

Во моментот во овој регион функционираат неколку оператори што оперираат со инфраструктурата на комуникациската мрежа. Оператори кои ја даваат услугата за големопродажба на изнајмени линии во Р.Македонија, и тоа:

АД Македонски телеком е многу активен на пазарите за големопродажба на терминални сегменти на изнајмени линии и за големопродажба на преносни сегменти на изнајмени линии. АД Македонски телеком ги обезбедува услугите од двата пазара, и тоа: малопродажни пакети на изнајмени линии, големопродажни терминални сегменти на изнајмени линии и големопродажни преносни сегменти на изнајмени линии. Двата понудени продукта се предмет на регулација на цените и нивна контрола. Големопродажниот пазар започнал да се преобразува од големопродажни изнајмени линии (WLL– Wholesale Leased Lines) во приватен дел на коло на изнајмени линии (PPC–Private Partial Circuits) што е предмет на регулација од Агенцијата за електронски комуникации - АЕК.³

² THE DOMAIN NAME INDUSTRY BRIEF / APRIL 2013

³ 20100326_Finalen Dokument za analiza na pazar 7 - 13 i 14, стр. 36

ОН-НЕТ започнува со работа од 2006 година како давател на електронски комуникациски услуги со што има склучено договор за интерконекција и разврзан пристап до локална јамка и подјамка со АД Македонски телеком. Од 2008 година располага со мала сопствена оптичка мрежа во градот Скопје. ОН-НЕТ првенствено служи за поврзување на локалните комутациски центри според архитектурата на мрежата на АД Македонски телеком во Скопје со сопствениот комутацискиот центар. На големопродажниот пазар не нуди терминални или преносни сегменти на изнајмени линии.⁴

КОСМОФОН започнува со работа од октомври 2002 година кога добива концесија за мобилна телефонија. Од 2008 година почнува да нуди услуги и од фиксната телефонија. Треба да напоменеме дека Космофон добива и концесија за WIMAX, поседува технологија која овозможува широкопојасно поврзување на големи растојанија. Располага со безжична мрежа која е проектирана за пренос на говор, видео, податоци, изнајмени линии, која првенствено се користи за сопствени потреби. Космофон може да користи делови од сопствената мрежа за препродажба на алтернативните оператори кои би служеле за поврзување до крајните корисници.

НЕОТЕЛ започнува со работа со добивањето на концесија за WIMAX на национално ниво, со технологија која овозможува широкопојасно поврзување на големи растојанија. Технологијата им е специјално дизајнирана за интернет-апликации, услуги и безбедност, но со можност за номадски пристап. Неотел нуди домашни и меѓународни дигитални изнајмени линии кои овозможуваат директно поврзување на локациите на крајните корисници (точка – точка) независно од останатата јавна инфраструктура со најразлична брзина на пренос, како и етернет-пренос.

ТЕЛЕСМАРТ ТЕЛЕКОМ е релативно нова компанија на македонскиот телекомуникациски пазар. Во градот Скопје работи преку локална фибер - оптичка мрежа и преку партнерства со други провајдери, и како таква мрежата е во можност да понуди национални и меѓународни (точка – точка) решенија за своите клиенти. Преку оваа мрежа се поврзуваат коридор 8 (Deve Bair - Kriva Palanka - Skopje - Tetovo - Gostivar - Kichevo – Albania) и коридор 10 (Tabanovce - Kumanovo - Skopje - Veles - Negotino – Gevgelija). Мрежата е проектирана за

⁴ 20100326_Finalen Dokument za analiza na pazar 7 - 13 i 14, страница 37

пренос на податочно базирани сервиси, вклучувајќи пренос на видео, говор, изнајмени линии, како и IP – базирани сервиси и интернет-пристап со капацитет на инсталираниот дистрибутивен систем до 400 Gbit/s.⁵



Слика 19. Мрежа на Телесмарт Телеком во неколку земји во регионот

МЕПСО е основан и се појави во 2005 година, како оператор за снабдување со електрична енергија. Овој оператор изградил и поседува мрежа со оптичко влакно, но не низ целата територија на Р. Македонија, под електричната високонапонска мрежа. МЕПСО располага со големи капацитети кои засега ги користи за сопствени потреби, а слободните капацитети може да ги понуди на алтернативните оператори.⁶

ЛПМЖ - Има изградено инфраструктура и поседува мрежа со оптичко влакно за сопствени потреби, но не низ целата територија на Р. Македонија, може да врши препродажба на некои делови од сопствената мрежа на алтернативните оператори кои би служеле за поврзување до крајните корисници.

ЛП Македонска радиодифузија располага со безжичана мрежа (радиомрежа) низ целата територија на Р. Македонија која првенствено служи за пренос на програмските содржина на Македонската радио телевизија. Слободните капацитети од мрежата (микробранови траси, аудио и видеоканали) ги нуди на пазарот со определена цена на закупнината.

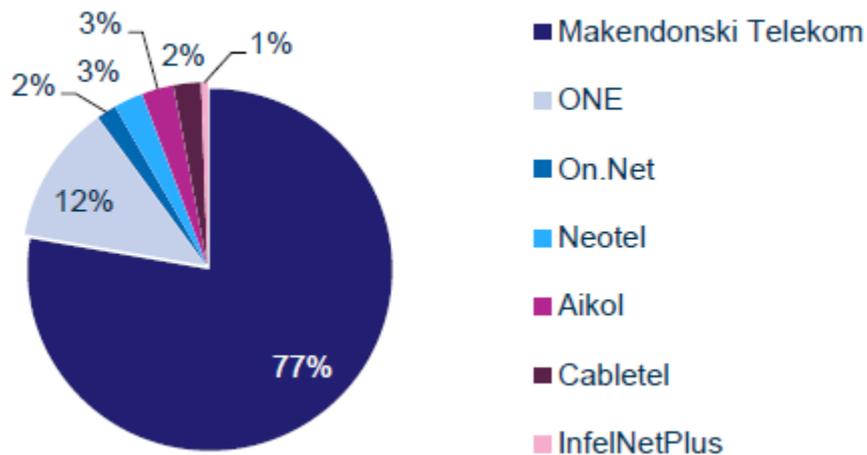
Пазарот за телекомуникациски услуги во Македонија е либерализиран во 2005 година. Македонски телеком во Македонија моментално има значителна

⁵URL: <http://www.telesmart.mk/?q=network> (Access 2014)

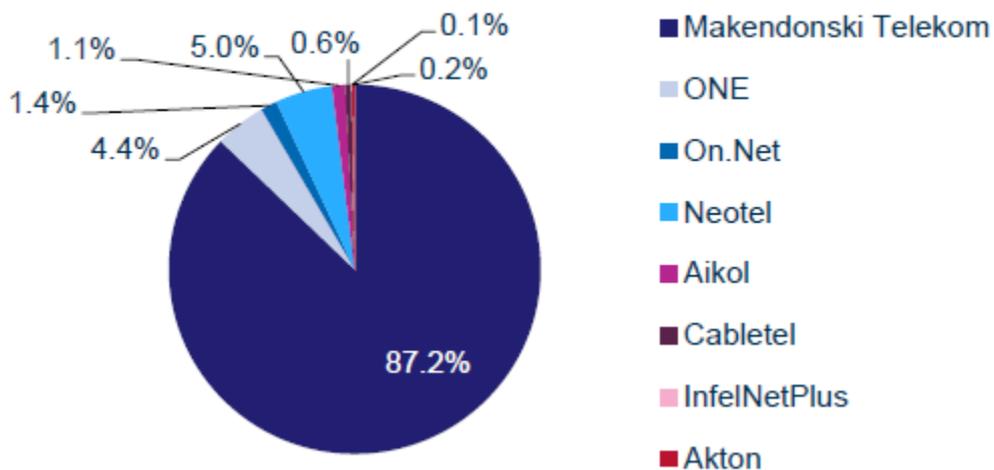
⁶ 20100326_Finalen Dokument za analiza na pazar 7 - 13 i 14, страна 38

пазарна моќ на областа на јавната телефонска мрежа за резидентни и комерцијални корисници а и услугите кој се нудат преку мрежата. Македонски телеком -77% и 23% други оператори⁷

Пазарен удел по број на телефонски линии (2010)



Удел по приходи на пазарот на фиксна телефонија (2010)



Слика 20. Македонски телеком и други оператори (2010)

5.2 Цени на различните технологии

Цените за преносни сегменти на изнајмени линии се формираат врз база на цените за референтниот модел на дел од изнајмена линија (LLPC) согласно со Препораката на Европската комисија EC 2005/951/1 final.

⁷Методологија за определување цени кои се користат за истиснување на конкуренцијата “margin -squeeze”

5 ТЕЛЕКОМИНИКАЦИСКИ ТЕХНОЛОГИИ И МОДЕЛИРАЊЕ НА ТРОШОЦИТЕ ЗА ДИЗАЈНИРАЊЕ НА WAN-МРЕЖА

Изнајмените линии се наменети за користење од мали и големи фирми каде што работата на фирмите зависи од потребата за постојана присутност на интернет, пренос на податоци со големи брзини. Предностите на изнајмените линии се: големата брзина, сигурноста, во ист момент поголем број корисници на интернет, како и можноста континуирано да се биде присутен на интернет.

Цените на изнајмените линии многу се високи бидејќи се плаќаат според должината, а треба да се додаде и цената за поединечната услуга. Затоа корисници се во потрага по нови, поевтини изнајмени линии. На малопродажниот пазар корисниците сè повеќе преферираат користење виртуелни или приватни мрежи и xDSL пристап и пристап преку етернет. Според тоа xDSL и кабелскиот интернет за корисниците се многу интересни од аспект на цените во споредба со цените на изнајмените линии. Во моментот на анализата на малопродажниот пазар постојат неколку даватели на услуги кои користат изнајмени линии од АД Македонски телеком и нудат услуги. Треба да напоменеме дека АД Македонски телеком е доста активен на малопродажниот пазар, ги обезбедува услугите за најголем број корисници.

Капацитет (километар)	Цени за еднократен и месечен надомест во МКД
64 Kbit/s (до 2 km)	3.733,00
2 Mbit/s (до 2 km)	11.383,00
34 Mbit/s (до 2 km)	54.590,00
155 Mbit/s (до 2 km)	73.807,00
64 Kbit/s (до 5 km)	4.774,00
2 Mbit/s (до 5 km)	15.178,00
34 Mbit/s (до 5 km)	58.936,00
155 Mbit/s (до 5 km)	81.518,00
64 Kbit/s (до 15 km)	5.018,00
2 Mbit/s (до 15 km)	20.380,00
34 Mbit/s (до 15 km)	97.736,00
155 Mbit/s (до 15 km)	121.849,00
64 Kbit/s (до 50 km)	6.059,00
2 Mbit/s (до 50 km)	32.987,00
34 Mbit/s (до 50 km)	155.387,00
155 Mbit/s (до 50 km)	253.613,00

Табела 42. *Цени за терминални и преносни сегменти на изнајмени линии*

Резултатите за воздушната далечина на изнајмена линија⁸ се следниве:

⁸

URL:http://www.aec.mk/index.php?option=com_content&view=article&id=497&Itemid=132&lang=mk
(20121025_Final Report for mimimum set of leased lines based on LRIC methodology, страна 10)

5 ТЕЛЕКОМИНИКАЦИСКИ ТЕХНОЛОГИИ И МОДЕЛИРАЊЕ НА ТРОШОЦИТЕ ЗА ДИЗАЈНИРАЊЕ НА WAN-МРЕЖА

64 Кбит терминиран сегмент на изнајмена линија - 300 м	2.583 ден
64 Кбит терминиран сегмент на изнајмена линија –до 3 км	2.539ден
64 Кбит терминиран сегмент на изнајмена линија - >(поголема од) 3 км	2.546 ден
64 Кбит трунк сегмент на изнајмена линија - 50 км	1.515ден
64 Кбит трунк сегмент на изнајмена линија - 200 км	3.031ден
2 Мбит терминиран сегмент на изнајмена линија - 300 м	10.015ден
2 Мбит терминиран сегмент на изнајмена линија – до 3 км	9.930 ден
2 Мбит терминиран сегмент на изнајмена линија - >(поголема од) 3 км	10.175ден
2 Мбит трунк сегмент на изнајмена линија - 50	6.982ден
2 Мбит трунк сегмент на изнајмена линија - 200 км	12.301ден

Табела 43 *Изнајмени воздушни големопродажни линии*

T-Home⁹

2 Max Basic

Брзина(bps)	Инсталација	Претплата за месец
4Mbps	1600	799

2 Max Start

Брзина(bps)	Инсталација	Претплата за месец
8Mbps	1600	1199

2Max Comfort

Брзина(bps)	Инсталација	Претплата за месец
12Mbps	1600	1999

ONE¹⁰

M

Брзина(bps)	Инсталација	Претплата за месец
6 Mbps	1700	799

L

Брзина(bps)	Инсталација	Претплата за месец
8Mbps	1700	1099

XL

Брзина(bps)	Инсталација	Претплата за месец
10 Mbps	1700	1799

XXL

⁹ URL: http://www.t-home.mk/mk/211/Paketi/3_Max/3_Max_Basic.html (Accessed 2014)

¹⁰ URL : <http://www.one.mk/fixnet-business-total.html> (Accessed 2014)

5 ТЕЛЕКОМИНИКАЦИСКИ ТЕХНОЛОГИИ И МОДЕЛИРАЊЕ НА ТРОШОЦИТЕ ЗА ДИЗАЈНИРАЊЕ НА WAN-МРЕЖА

Брзина(bps)	Инсталација	Претплата за месец
12 Mbps	1700	2499

NEOTEL¹¹

Net Basic +Phone

Брзина(bps)	Инсталација	Претплата за месец
Максимална брзина: 15 Mbps download /1Mbps upload Просечна брзина : 3-6Mbps download/512Kbps upload. Минималната брзин:1Mbps download /128Kbps upload Дозволена количина: 50GB	1490	650

Net optima+ phone

Брзина(bps)	Инсталација	Претплата за месец
Максимална брзина: 15Mbps download /1Mbps upload. Просечна брзина: 3-6Mbps download/512Kbps upload. Минималната брзина: 1Mbps download /128Kbps upload. Дозволена количина: 150GB	1490	950

Net ultra+phone

Брзина(bps)	Инсталација	Претплата за месец
Максимална брзина: 15Mbps download /1Mbps upload. Просечна брзина: 3-6Mbps download/512Kbps upload. Минималната брзина:1Mbps download /128Kbps upload. Дозволена количина: неограничени	1490	1350

¹¹ URL: http://neotel.mk/index.php?option=com_content&view=article&id=24&Itemid=39&lang=mk (Accessed 2014)

5 ТЕЛЕКОМИНИКАЦИСКИ ТЕХНОЛОГИИ И МОДЕЛИРАЊЕ НА ТРОШОЦИТЕ ЗА ДИЗАЈНИРАЊЕ НА WAN-МРЕЖА

--	--	--

BLIZOO¹²

Net 10

Брзина(bps)	Инсталација	Претплата за месец
10Mbps	1999	599

Net 20

Брзина(bps)	Инсталација	Претплата за месец
20 Mbps	1999	799

Net 50

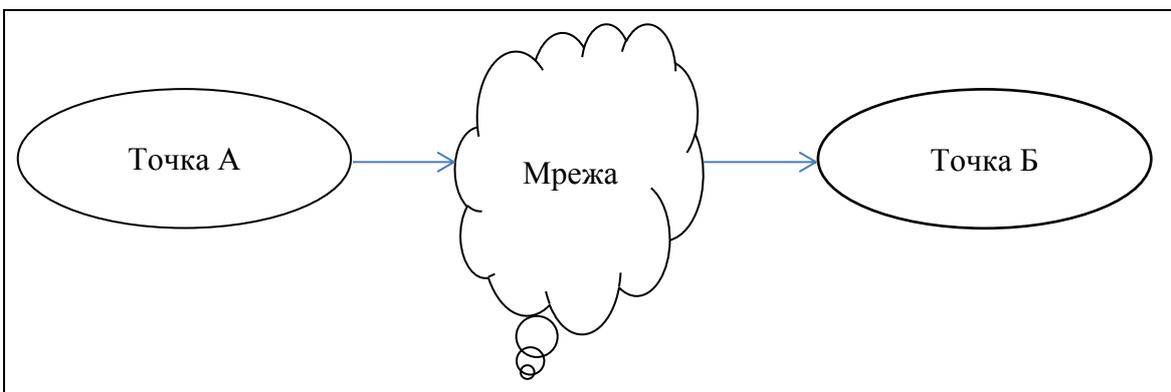
Брзина(bps)	Инсталација	Претплата за месец
50 Mbps	1999	1199

5.3 Моделирање на трошоците за WAN на случај: Република Македонија

Како што се гледаат во горенаведените табели на разни компании има одредени цени. Оттука може да се развие модел за пресметување на секоја телекомуникациска технологија.

Во случај на ADSL, цената се пресметува со одредена формула каде што се собираат одредени варијабли. Има посебно пресметување во зависност од тоа каков тип комуникација има во мрежата:

- full-duplex
- half-duplex
- simplex



Слика 21 *Tun simplex* на комуникацијата од А до Б

- Цената за една година за *full-duplex* се пресметува со формулата:

¹² URL : <http://www.blizoo.mk/internet.html> (Accessed 2014)

$$\text{cost}=2 * \text{acc} +2 *12*\text{suba}+2*\text{int} +2 *12 * \text{subn} \quad [18]$$

Full-duplex се вика затоа што комуникацијата се одвива на двата правци истовремено. Параметрите кои се дел од целокупното пресметување на цената се:

-**acc**: (access to network) цена за пристап во мрежа (се плаќа еднаш), се множи со бројот 2 затоа што се плаќа за двата правци.

-**suba**: (subscription in access to network) цена за пристап во мрежа (месечна тарифа), се множи со 12 месеци и со двата правци на комуникацијата.

-**int**:(inicialization) цена кога рутерот иницијализира линк со серверот во радиус, се множи со 2 затоа што комуникацијата е во двата правци.

-**subn**: (subscription) цена на пакетот по месеци помножен со двата правци

- Цената за една година за *half-duplex* се пресметува со формулата:

$$\text{cost}=\text{acc} +2 *12*\text{suba}+2*\text{int} +12 * \text{subn}$$

half-duplex се вика затоа што комуникацијата се одвива на двата правци, ама не истовремено. Параметрот *acc* не се множи со 2 затоа што се плаќа само еден правец. Тоа се случува и со цената на пакетот *subn*. Параметарот *int* се множи со 2 затоа што иницирањето може да се случува за една од двете крајности на линкот.

- Цената за една година за *simplex* се пресметува со формулата:

$$\text{cost}=\text{acc} +12*\text{suba}+ \text{int} +12 * \text{subn}$$

Simplex се вика затоа што комуникацијата се одвива само во еден правец. Тоа се гледа и од формулата за пресметување на цената за една година.

Во случај кога линијата е позајмена тогаш цената за една година за *full-duplex* е:

$$\text{cost}= 2*(\text{int}+12*\text{sub})$$

За *half-duplex* и *simplex* цената за една година се пресметува со:

$$\text{cost}= \text{int}+12*\text{sub}$$

- За технологија Asynchronous Transfer Mode (ATM), пресметувањето на цената за *full-duplex* од точка А до точка Б се пресметува:

$$\text{NA}(\text{A})=\text{INS}_\text{A}+\text{SUB}_\text{A}*12$$

Пресметување на цената од точката А до перманентната мрежа. Параметарот INS_A одредува цена за приклучок на точката А, параметарот SUB_A е цена за месечна претплата. Истите параметри се и за пресметување на цената од точката В до перманентната мрежа.

$$\text{NA}(\text{B})=\text{INS}_\text{B}+\text{SUB}_\text{B}*12$$

Цената на перманентната мрежа која се користи се множи со 2 затоа што се користат двата правци. Тоа се пресметува со формулата:

$$PVCC=2*(INS+SUB*12)$$

Тоталното пресметување на цената од точката А до В е како собир на цената од точката А до перманентната мрежа $NA(A)$, цената на перманентната мрежа $PVCC$ и цената од перманентната мрежа до точката В.

$$TOTAL_COST= NA(A)+ NA(B)+ PVCC$$

• Пресметувањето на цената за *half-duplex* од точка А до точка Б се пресметува со формулата:

$$NA(A)=INS_A+SUB_A*12$$

Пресметување на цената од точката А до перманентната мрежа. Параметарот INS_A одредува цена за приклучок на точката А, параметарот SUB_A е цена за месечна претплата. Истите параметри се и за пресметување на цената од точката В до перманентната мрежа.

$$NA(B)=INS_B+SUB_B*12$$

Цената на перманентната мрежа која се користи како посредник за двете точки е:

$$PVCC=INS+SUB*12$$

Тоталното пресметување на цената од точката А до В е како собир на цената од точката А до перманентната мрежа $NA(A)$, цената на перманентната мрежа $PVCC$ и цената од перманентната мрежа до точката В.

$$TOTAL_COST= NA(A)+ NA(B)+ PVCC$$

• Пресметувањето на *simplex* од точка А до точка Б се пресметува со формулата:

$$NA(A)=INS_A+SUB_A*12$$

Пресметување на цената од точката А до перманентната мрежа. Параметарот INS_A одредува цена за приклучок на точката А, параметарот SUB_A е цена за месечна претплата.

$$PVCC=INS+SUB*12$$

Тоталното пресметување на цената од точката А до В е како собир на цената од точката А до перманентната мрежа $NA(A)$, цената на перманентната мрежа $PVCC$, но бидејќи во *simplex* линкот на комуникацијата е во една насока и ги немаме трошоците на цената од перманентната мрежа до точката В.

$$TOTAL_COST= NA(A)+ PVCC.$$

Глава 6

6 ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА: студија на случај

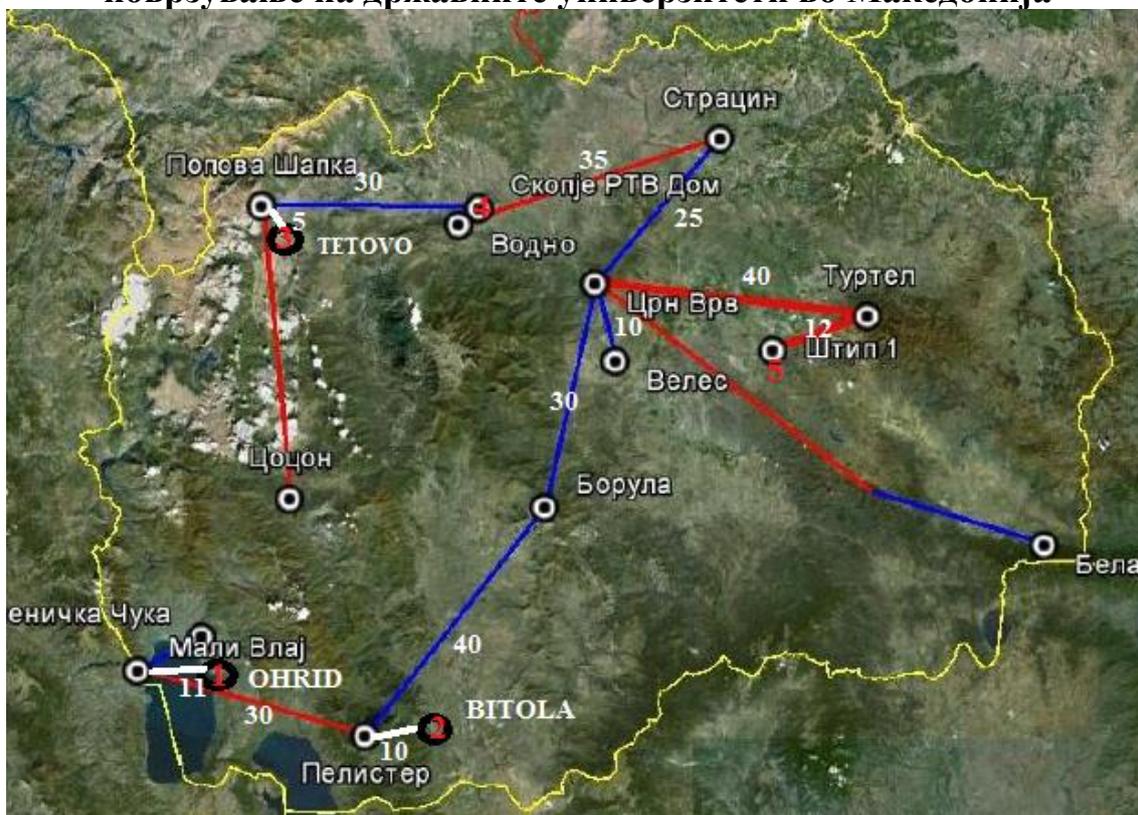
Содржина

6.1 Пресметување на сообраќајот за мрежата за безжично поврзување на државните универзитети во Македонија	101
6.2 Планирање и пресметка на капацитетот на сообраќајот на еден интернет провајдер (ISP) од Гостивар	106

Развиената методологија за планирање и моделирање на WAN-мрежи е применета за два конкретни случаи. Првиот случај е Пресметување на сообраќајот за мрежата за безжично поврзување на државните универзитети во Македонија. Добиените резултати докажуваат дека методологијата функционира. И вториот случај е Планирање и пресметка на капацитетот на сообраќајот на еден интернет провајдер (ISP) од Гостивар. Со резултатите добиени и за вториот случај знаеме за капацитетот на сообраќајот, пропусниот опсег и врз основа на ова земаме соодветна изнајмена линија од терминални и преносни сегменти за одредена цена која ни одговара.

6 ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА: студија на случај

6.1 Пресметување на сообраќајот за мрежата за безжично поврзување на државните универзитети во Македонија



Слика 22. MAPNET шема поврзување

6 ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА

1) Пресметување на SEI за универзитетските градови

Град	Домаќинства според попиот 2002	Популација	w на живо на републиката						N	Вработени бр. јавен сектор (бр. в.)	II c1 = $\frac{I_1}{N}$	III a2 = $\frac{I_2}{N}$	IV a3 = $\frac{I_3}{N}$	I4 c4 = $\frac{I_4}{N}$	V5 = $\frac{I_5}{N}$	I6 бр. други	SEI = $\sum_{i=1}^6 w_i c_i$		
			w1	w2	w3	w4	w5	w6											
1 Охрид	16012	55749	0,720	0,310	0,964	0,964	0,25	0,15	55749	46496	0,0000	0,0000	4906	2605	0,1347	1742	0,0312	0,0000	0,1600
2 Битола	28942	95385	0,720	0,310	0,964	0,964	0,25	0,15	95385	80387	0,0000	0,0000	7421	4634	0,1251	2973	0,0312	0,0000	0,1516
3 Тетово	20094	86580	0,720	0,310	0,964	0,964	0,25	0,15	86580	80001	0,0000	0,0000	10114	5795	0,2299	6670	0,0770	0,0000	0,2559
4 Скопје	146566	506926	0,720	0,310	0,964	0,964	0,25	0,15	506926	392737	0,0000	0,0000	51536	27692	0,1503	32911	0,0645	0,0000	0,2171
5 Штип	15065	47796	0,720	0,310	0,964	0,964	0,25	0,15	47796	39355	0,0000	0,0000	4147	2794	0,1452	1500	0,0314	0,0000	0,1702

2) Пресметување на сообраќајот на секој универзитетски град (за овој случај немаме два типа домаќинства, туку само студенти и ученици кои во просек користат лаборатории, 2 наставни часа дневно TC)

Град	Домаќинства според попиот 2002	Популација	Домаќинства N=3,5 T	CT(15%)	RT(85%)	TC (CT*CL*2)/24, CL=3/4 h	TR (RT*RL*1)/24, RL=1/2 h	Целнот сообраќај: TC+TR	SEI	(TC+TR)*SEI
1 Охрид	16012	55749	55749,00	55749,00	0,00	3484,31	0,00	3484,31	0,160001	557,49325
2 Битола	28942	95385	95385,00	95385,00	0,00	5961,56	0,00	5961,56	0,151576	903,6295
3 Тетово	20094	86580	86580,00	86580,00	0,00	5411,25	0,00	5411,25	0,295936	1601,3848
4 Скопје	146566	506926	506926,00	506926,00	0,00	31682,88	0,00	31682,88	0,217148	6879,8873
5 Штип	15065	47796	47796,00	47796,00	0,00	2987,25	0,00	2987,25	0,170247	508,57025
Σ	181725	792436								

3) Пресметување на сообраќајот меѓу универзитетските градови

	1	2	3	4	5
Градови	Охрид	Битола	Тетово	Скопје	Штип
1 Охрид		63,57	112,66	484,01	35,78
2 Битола	63,57		192,76	828,13	61,22
3 Тетово	112,66	192,76		751,68	55,57
4 Скопје	484,01	828,13	751,68		325,34
5 Штип	35,78	61,22	55,57	325,34	

4) Аплицирање алгоритам за определување на најкраткиот пат

	10x	2Бт	3Те	4Ск	5Шт	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
10хрид	0	41	∞	∞	∞	1	0	41	∞	∞	1	0	41	∞	181	173
2Битола	41	0	∞	140	132	2	41	0	∞	140	2	41	0	∞	140	132
3Тетово	∞	∞	0	30	∞	3	∞	∞	0	30	3	∞	∞	0	30	∞
4Скопје	∞	140	30	0	112	4	∞	140	30	0	4	181	140	30	0	112
5Штип	∞	132	∞	112	0	5	∞	132	∞	112	5	173	132	∞	112	0

P₀

P₁

P₂

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

6 ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА

1	0	41	∞	181	173	1	0	41	211	181	173	1	0	41	211	181	173
2	41	0	∞	140	132	2	41	0	170	140	132	2	41	0	170	140	132
3	∞	∞	0	30	∞	3	211	170	0	30	142	3	211	170	0	30	142
4	181	140	30	0	112	4	181	140	30	0	112	4	181	140	30	0	112
5	173	132	∞	112	0	5	173	132	142	112	0	5	173	132	142	112	0

P₃
P₄
P₅

5) Пресметување на Erlang меѓу градовите

Линк	Најкраток пат	Поминува/не поминува низ линкот	Сообраќај со SEI
1.Охрид- 2.Битола	41	да	63,57
1.Охрид-3.Тетово	211	да	112,66
1.Охрид-5.Штип	173	да	35,78
1.Охрид-4.Скопје	181	да	484,01
Охрид-Битола(Ерланг)			696,02
1.Охрид-5.Штип	173	да	35,78
1.Охрид-2.Битола	41	да	63,57
1.Охрид-4.Скопје	181	да	484,01
1.Охрид-3.Тетово	211	да	112,66
Охрид-Штип(Ерланг)			696,02
1.Охрид-4.Скопје	181		484,02
1.Охрид-2.Битола	41		63,57
1.Охрид-5.Штип	173		35,78
1.Охрид-3.Тетово	211		112,66
Охрид-Скопје(Ерланг)			696,02
1.Охрид-3.Тетово	30		112,66
1.Охрид-2.Битола	41		63,57
1.Охрид-5.Штип	173		35,78
1.Охрид-4.Скопје	181		484,01
Охрид-Тетово(Ерланг)			696,02
2.Битола-1.Охрид	41	да	63,57
2.Битола-3.Тетово	211	не	0
2.Битола-5.Штип	132	не	0
2.Битола-4.Скопје	140	не	0
Битола-Охрид(Ерланг)			63,57
2.Битола-5.Штип	132	да	61,22
2.Битола-1.Охрид	41	не	0
2.Битола-4.Скопје	140	да	828,13
2.Битола-3.Тетово	170	да	192,76
Битола-			1082,11

6 ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА

Штип(Ерланг)			
2.Битола-4.Скопје	140	да	828.13
2.Битола-1.Охрид	41	не	0
2.Битола-5.Штип	132	да	61,22
2.Битола-3.Тетово	170	да	192,76
Битола-Скопје(Ерланг)			1082.11
2.Битола-3.Тетово	170	да	192,76
2.Битола-1.Охрид	41	не	0
2.Битола-5.Штип	132	да	61,22
2.Битола-4.Скопје	140	да	828,13
Битола-Тетово(Ерланг)			1082.11
5.Штип-2.Битола	132	да	61.22
5.Штип-1.Охрид	173	да	35,78
5.Штип-4.Скопје	112	не	0
5.Штип-3.Тетово	142	не	0
Штип-Битола(Ерланг)			97
5.Штип-1.Охрид	173	да	35,78
5.Штип-2.Битола	132	да	61,22
5.Штип-4.Скопје	112	не	0
5.Штип-3.Тетово	142	не	0
Штип-Охрид(Ерланг)			97
5.Штип-4.Скопје	112	да	325,34
5.Штип-3.Тетово	142	да	55,57
5.Штип-2.Битола	132	не	0
5.Штип-1.Охрид	173	не	0
Штип-Скопје(Ерланг)			380,91
5.Штип-3.Тетово	142	да	55,57
5.Штип-4.Скопје	112	да	325,34
5.Штип-2.Битола	132	не	0
5.Штип-1.Охрид	173	не	0
Штип-Тетово(Ерланг)			380,91
4.Скопје-3.Тетово	30	да	751,68
4.Скопје-5.Штип	112	не	0
4.Скопје-2.Битола	140	не	0
4.Скопје-1.Охрид	181	не	0
Скопје-Тетово(Ерланг)			751,68
4.Скопје-2.Битола	140	да	828,13
4.Скопје-1.Охрид	181	да	484,01
4.Скопје-5.Штип	112	да	325,34
4.Скопје-3.Тетово	30	не	0
Скопје-Битола(Ерланг)			1637,48

6 ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА

4.Скопје-1.Охрид	181	да	484,01
4.Скопје-2.Битола	140	да	828,13
4.Скопје-5.Штип	112	да	325,34
4.Скопје-3.Тетово	30	не	0
Скопје-Охрид(Ерланг)			1637,48
4.Скопје-5.Штип	112	да	325,34
4.Скопје-3.Тетово	30	не	0
4.Скопје-2.Битола	140	да	828,13
4.Скопје-1.Охрид	181	да	484,01
Скопје-Штип(Ерланг)			1637,48
3.Тетово- 4.Скопје	30	да	751,68
3.Тетово-5.Штип	142	да	55,57
3.Тетово-2.Битола	170	да	192,76
3.Тетово-1.Охрид	211	да	112,66
Тетово-Скопје(Ерланг)			1112,67
3.Тетово-4.Штип	142	да	55,57
3.Тетово-5.Скопје	30	да	751,68
3.Тетово-2.Битола	170	да	192,76
3.Тетово-1.Охрид	211	да	112,66
Тетово-Штип(Ерланг)			1112,67
3.Тетово-2.Битола	170	да	192,76
3.Тетово-4.Штип	142	да	55,57
3.Тетово-5.Скопје	30	да	751,68
3.Тетово-1.Охрид	211	да	112,66
Тетово-Битола(Ерланг)			1112,67
3.Тетово-1.Охрид	211	да	112,66
3.Тетово-2.Битола	170	да	192,76
3.Тетово-4.Штип	142	да	55,57
3.Тетово-5.Скопје	30	да	751,68
Тетово-Охрид(Ерланг)			1112,67

- Оваа мрежа има мал број јазли и гранки, па затоа многу лесно може да се креира рбетот на оваа мрежа. Се земаат максималните вредности на пресметаните (Erlang) за наведените линкови.

б) Пресметување Bandwidth

	LINK	Erlang(traffic)	Bandwidth(bps)	Kbps	Mbps
1	Охрид -Битола	696,02	44545280	44545,28	44,54528
2	Скопје -Тетови	751,68	48107520	48107,52	48,10752
3	Скопје -Штип	1637,48	104798720	104798,72	104,79872
4	Скопје-Охрид	1637,48	104798720	104798,72	104,79872

6 ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА

5	Штип- Тетово	380,91	24378240	24378,24	24,37824
6	Штип-Охрид	380,91	24378240	24378,24	24,37824
7	Битола- Тетово	1082,11	69255040	69255,04	69,25504
8	Битола-Охрид	1082,11	69255040	69255,04	69,25504

Треба да се истакне дека капацитетот и брзините на сообраќајот се далеку над потребите на сите услуги кои би ги ползувале факултетите, институтите и придружните членки, па оттука произлегува можноста за идно надоградување на системот со нови услуги¹³.

6.2 Планирање и пресметка на капацитетот на сообраќајот на еден интернет провајдер (ISP) од Гостивар

1) Пресметување на SEI за градовите

Град	Домаќинства според пописот 2002	Популација	w на ниво на републиката						N	Вработени бр. земајќи сектор двој	I1 $\alpha 1 = \frac{I1}{N}$	I2 бр. земајќи сектор (89%)	I3 брученни основи	I4 бручен. Средно	I5 бру. студент н	I6 бру. невработени	I7 бру. други	SEI = $\sum_{i=1}^6 w_i d_i$						
			w1	w2	w3	w4	w5	w6																
1 Струга	14485	63376	0,720	0,360	0,964	0,964	0,25	0,25	63376	47811	19134,4	0,3018	28636,6	0,4526	6006	3229	0,1457	0	3034	0,0479	3296	0,0520	0,5457	
2 Штип	16012	55749	0,720	0,360	0,964	0,964	0,25	0,25	55749	39074	15629,8	0,2604	23444,4	0,4205	4936	2605	0,1347	1742	0,0312	3809	0,0683	3613	0,0648	0,5465
3 Битола	28942	95385	0,720	0,360	0,964	0,964	0,25	0,25	95385	66955	26782	0,2808	40173	0,4213	7421	4604	0,1261	2973	0,0212	6838	0,0717	6594	0,0693	0,5406
4 Дебар	3917	19542	0,720	0,360	0,964	0,964	0,25	0,25	19542	13306	5322,4	0,2724	7983,6	0,4085	2306	713	0,1545	0	1211	0,0620	2006	0,1027	0,5333	
5 Кичево	47700	17200	0,720	0,360	0,964	0,964	0,25	0,25	47700	34354	13741,6	0,2981	20612,4	0,4321	3997	2327	0,1326	599	0,0126	3238	0,0679	3185	0,0668	0,5366
6 Крушево	2706	9684	0,720	0,360	0,964	0,964	0,25	0,25	9684	7121	2848,4	0,2941	4272,6	0,4412	804	298	0,1138	0	837	0,0864	624	0,0644	0,5180	
7 Прилеп	24398	76768	0,720	0,360	0,964	0,964	0,25	0,25	76768	50641	20256,4	0,2639	30384,6	0,3958	6741	3977	0,1396	1152	0,0150	6760	0,0881	7497	0,0977	0,5280
8 Гостивар	18091	81042	0,720	0,360	0,964	0,964	0,25	0,25	81042	60136	24054,4	0,2968	36081,6	0,4452	7083	4844	0,1472	0	3546	0,0438	5433	0,0670	0,5436	
9 Тетово	20094	86580	0,720	0,360	0,964	0,964	0,25	0,25	86580	41528	16611,2	0,1919	24916,8	0,2878	10114	9795	0,2299	6670	0,0770	9761	0,1127	8712	0,1006	0,5910
10 Скопје	146566	506926	0,720	0,360	0,964	0,964	0,25	0,25	506926	347236	138894,4	0,2740	208341,6	0,4110	53586	27692	0,1603	32911	0,0649	15874	0,0313	29627	0,0584	0,5848
11 Куманово	27984	105484	0,720	0,360	0,964	0,964	0,25	0,25	105484	68606	27442,4	0,2602	41163,6	0,3902	11303	6514	0,1689	1732	0,0164	6472	0,0614	10857	0,1029	0,5475
12 Крива Паланка	6600	20820	0,720	0,360	0,964	0,964	0,25	0,25	20820	13503	5401,2	0,2594	8101,8	0,3891	1718	843	0,1230	0	3154	0,1515	1602	0,0769	0,5026	
13 Сфети Николе	5698	18497	0,720	0,360	0,964	0,964	0,25	0,25	18497	12767	5106,8	0,2761	7650,2	0,4141	1454	661	0,1143	205	0,0111	1843	0,0996	1567	0,0847	0,5149
14 Штип	15065	47796	0,720	0,360	0,964	0,964	0,25	0,25	47796	34171	13668,4	0,2860	20502,6	0,4290	4147	2794	0,1452	1500	0,0314	2434	0,0509	2570	0,0575	0,5577
15 Велес	16959	55108	0,720	0,360	0,964	0,964	0,25	0,25	55108	38479	15391,8	0,2793	23087,4	0,4189	4579	2763	0,1332	375	0,0068	2995	0,0543	5917	0,1074	0,5273
16 Кочани	11981	38092	0,720	0,360	0,964	0,964	0,25	0,25	38092	24041	9616,4	0,2525	14424,6	0,3787	3134	1719	0,1274	2858	0,0750	2884	0,0757	3456	0,0907	0,5548
17 Радовиш	8270	28244	0,720	0,360	0,964	0,964	0,25	0,25	28244	19009	7603,6	0,2692	11405,4	0,4038	2661	894	0,1259	2119	0,0750	1593	0,0564	1968	0,0697	0,5644
18 Неготино	5898	19212	0,720	0,360	0,964	0,964	0,25	0,25	19212	14431	5772,4	0,3005	8658,6	0,4507	1817	775	0,1349	0	1085	0,0565	1104	0,0575	0,5371	
19 Кавадарци	12026	38741	0,720	0,360	0,964	0,964	0,25	0,25	38741	27702	11080,8	0,2860	16621,2	0,4290	3438	1860	0,1368	0	3513	0,0907	2228	0,0575	0,5293	
20 Струмица	15896	54676	0,720	0,360	0,964	0,964	0,25	0,25	54676	33452	13380,8	0,2447	20071,2	0,3671	5491	4018	0,1739	0	2344	0,0429	9371	0,1714	0,5296	
21 Гевгелија	7221	22988	0,720	0,360	0,964	0,964	0,25	0,25	22988	15581	6224,4	0,2708	9336,6	0,4062	1869	991	0,1244	2160	0,0940	1459	0,0635	948	0,0412	0,5779
Σ	345453	114066																						

2) Пресметување на сообраќајот на секој град

Дебар	3917	19542	5583,43	837,51	4745,91	69,79	98,87	168,67	0,5333	89,94
Кичево		47700	13628,57	2044,29	11584,29	170,36	241,34	411,70	0,5366	220,90
Крушево	2706	9684	2766,86	415,03	2351,83	34,59	49,00	83,58	0,5180	43,30
Прилеп	24398	76768	21933,71	3290,06	18643,66	274,17	388,41	662,58	0,5280	349,81
Гостивар	18091	81042	23154,86	3473,23	19681,63	289,44	410,03	699,47	0,5436	380,20
Тетово	20094	86580	24737,14	3710,57	21026,57	309,21	438,05	747,27	0,5910	441,65
Скопје	146566	506926	144836,00	21725,40	123110,60	1810,45	2564,80	4375,25	0,5848	2558,74
Куманово	27984	105484	30138,29	4520,74	25617,54	376,73	533,70	910,43	0,5475	498,48
Крива Паланка	6600	20820	5948,57	892,29	5056,29	74,36	105,34	179,70	0,5026	90,31
Сфети Николе	5698	18497	5284,86	792,73	4492,13	66,06	93,59	159,65	0,5149	82,20
Штип	15065	47796	13656,00	2048,40	11607,60	170,70	241,83	412,53	0,5577	230,06
Велес	16959	55108	15745,14	2361,77	13383,37	196,81	278,82	475,63	0,5273	250,82
Кочани	11981	38092	10883,43	1632,51	9250,91	136,04	192,73	328,77	0,5548	182,42
Радовиш	8270	28244	8069,71	1210,46	6859,26	100,87	142,90	243,77	0,5644	137,58
Неготино	5898	19212	5489,14	823,37	4665,77	68,61	97,20	165,82	0,5371	89,06
Кавадарци	12026	38741	11068,86	1660,33	9408,53	138,36	196,01	334,37	0,5293	176,97
Струмица	15896	54676	15621,71	2343,26	13278,46	195,27	276,63	471,91	0,5296	249,91
Гевгелија	7221	22988	6568,00	985,20	5582,80	82,10	116,31	198,41	0,5779	114,65

3) Пресметување на сообраќајот меѓу градови

¹³ МАРНЕТ, Безжично поврзување на државните универзитети во Република Македонија, 2013, стр. 9, Проект за поврзување на универзитетските кампуси, односно институции со широкопојасен пристап

6 ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА

	Струга	Охрид	Битола	Дебар	Кичево	Куманово	Препишт	Гостивар	Тетово	Скопје	Крушево	Крива Паланка	Свети Николе	Штип	Велес	Кавадарци	Радовиш	Неготино	Кавдарци	Струмица	Гевгелија
1 Струга	11,17	18,90	3,82	9,38	1,84	14,85	16,2	18,75	108,66	21,17	3,83	3,49	9,77	10,65	7,75	5,84	3,78	7,52	10,6	4,87	
2 Охрид	11,17	16,60	3,96	8,25	1,62	13,1	14,2	16,5	95,6	18,6	3,37	3,07	8,59	9,37	6,81	5,14	3,33	6,61	9,34	4,28	
3 Битола	18,90	16,62	5,75	14,12	2,77	22,38	24,30	28,23	163,54	31,86	3,77	3,25	14,70	16,03	11,66	8,79	3,69	11,51	15,97	7,33	
4 Дебар	3,82	3,36	5,75	2,89	0,57	4,58	4,98	3,78	35,5	6,33	1,18	1,08	3,01	3,28	2,39	1,8	1,17	2,32	3,27	1,50	
5 Кичево	9,38	8,25	14,12	2,89	1,38	11,18	12,2	14,12	81,78	15,93	2,89	2,63	7,35	8,02	5,83	4,4	2,85	5,66	7,99	3,66	
6 Крушево	1,84	1,62	2,77	0,57	1,38	2,27	2,47	2,87	16,6	3,23	0,59	0,52	1,49	1,63	1,18	0,89	0,58	1,15	1,62	0,74	
7 Прилеп	14,85	13,07	22,36	4,58	11,18	2,27	19,6	22,7	131,6	25,6	4,6	4,2	11,8	12,9	9,4	7,1	4,6	9,1	12,9	5,9	
8 Гостивар	16,15	14,20	24,30	4,98	12,15	2,47	19,6	24	138,9	27,1	4,9	4,5	12,5	13,6	9,9	7,5	4,8	9,6	13,6	6,2	
9 Тетово	18,75	16,50	28,23	5,78	14,12	2,87	22,7	24,0	148,4	28,92	5,239	4,77	13,35	14,55	10,58	7,98	5,16	10,27	14,50	6,65	
10 Скопје	108,66	95,58	163,54	33,50	81,78	16,60	131,6	138,9	148,44	30,7	27,9	78	85,2	62	46,7	30,3	60,1	17,7	38,9		
11 Куманово	21,17	18,62	31,86	6,33	15,93	3,23	25,6	27,1	28,92	169,3	6,38	5,81	16,26	17,73	12,89	9,72	6,3	12,51	17,66	8,1	
12 Крива Паланка	3,83	3,37	5,77	1,18	2,89	0,59	4,6	4,9	5,24	30,67	6,38	1,15	3,21	3,9	2,54	1,92	1,24	2,47	3,49	1,6	
13 Свети Николе	3,49	3,07	5,25	1,08	2,65	0,53	4,2	4,5	4,77	27,92	5,81	1,15	2,85	3,11	2,26	1,71	1,10	2,19	3,10	1,42	
14 Штип	9,77	8,59	14,70	3,01	7,35	1,49	11,8	12,5	13,35	78,14	16,26	3,21	2,85	8,03	5,84	4,40	2,85	5,66	8,00	3,67	
15 Велес	10,65	9,37	16,03	3,28	8,02	1,63	12,9	13,6	14,55	85,20	17,73	3,50	3,11	8,03	6,74	5,08	3,29	6,53	9,23	4,23	
16 Кочани	7,75	6,81	11,66	2,39	5,83	1,18	9,4	9,9	10,58	61,96	12,89	2,54	2,26	5,84	6,74	3,51	2,27	4,51	6,37	2,92	
17 Радовиш	5,84	5,14	8,79	1,80	4,40	0,89	7,1	7,5	7,98	46,73	9,72	1,92	1,71	4,41	5,08	3,51	1,69	3,55	4,73	2,17	
18 Неготино	3,78	3,33	5,69	1,17	2,85	0,58	4,6	4,8	5,17	30,25	6,50	1,24	1,10	2,85	3,29	2,27	1,69	2,28	3,22	1,48	
19 Кавадарци	7,52	6,61	11,31	2,32	5,66	1,15	9,1	9,6	10,27	60,11	12,51	2,47	2,19	5,67	6,53	4,52	3,35	2,28	6,49	2,98	
20 Струмица	10,61	9,34	15,97	3,27	7,99	1,62	12,9	13,6	14,50	17,66	3,49	3,10	8,00	9,23	6,38	4,73	3,22	6,49	4,20		
21 Гевгелија	4,87	4,28	7,33	1,50	3,66	0,74	5,9	6,2	6,65	38,94	8,10	1,60	1,42	3,67	4,23	2,93	2,17	1,48	2,98	4,20	

4) Аплицирање алгоритам за определување на најкраткиот пат

	Скопје	Тетово	Гостивар	Куманово	Крива Паланка	Свети Николе	Велес	Дебар	Кичево	Крушево	Струга	Охрид	Битола	Прилеп	Кавадарци	Неготино	Штип	Кочани	Радовиш	Струмица	Гевгелија
Скопје	0	30	55	25	77	60	42	98	100	131	138	151	166	126	88	79	75	102	100	128	141
Тетово	30	0	25	55	107	90	72	68	70	101	108	121	139	123	118	109	105	132	130	158	171
Гостивар	55	25	0	80	132	115	97	43	45	76	83	96	114	98	136	134	130	167	155	183	189
Куманово	25	55	80	0	52	35	57	123	125	156	163	176	181	141	103	94	60	87	85	113	148
Крива Паланка	77	107	132	52	0	87	109	175	177	208	215	228	233	193	155	146	112	139	137	165	208
Свети Николе	60	90	115	35	87	0	22	158	159	131	198	192	146	106	68	59	25	52	50	78	113
Велес	42	72	97	57	109	22	0	140	137	109	180	170	124	84	46	37	33	60	58	86	99
Дебар	98	68	43	123	175	158	140	0	35	66	40	53	99	88	126	135	173	200	170	198	179
Кичево	100	70	45	125	177	159	137	35	0	31	45	58	69	53	91	100	160	187	135	163	144
Крушево	131	101	76	156	208	131	109	66	31	0	76	89	38	25	63	72	132	159	107	135	116
Струга	138	108	83	163	215	198	180	40	45	76	0	13	59	98	136	145	205	232	180	208	189
Охрид	151	121	96	176	228	192	170	53	58	84	13	0	46	86	124	133	193	220	168	196	177
Битола	166	139	114	181	233	146	124	99	69	38	59	46	0	40	78	87	147	174	122	150	131
Прилеп	126	123	98	141	193	106	84	88	53	25	98	86	40	0	38	47	107	134	82	110	91
Кавадарци	88	118	136	103	155	68	46	126	91	63	136	124	78	38	0	9	69	96	44	72	53
Неготино	79	109	134	94	146	59	37	135	100	72	145	133	87	47	9	0	60	87	35	63	62
Штип	75	105	130	60	112	25	33	173	160	132	205	193	147	107	69	60	0	27	25	53	88
Кочани	102	132	157	87	139	52	60	200	187	159	232	220	174	134	96	87	27	0	52	80	115
Радовиш	100	130	155	85	137	50	58	170	135	107	180	168	122	82	44	35	25	52	0	28	63
Струмица	128	158	183	113	165	78	86	198	163	135	208	196	150	110	72	63	53	80	28	0	35
Гевгелија	141	171	189	148	200	113	99	179	144	116	189	177	131	91	53	62	88	115	63	35	0

5) Определување рути и пресметување на Erlang на ребрата кои го поврзуваат градот Гостивар

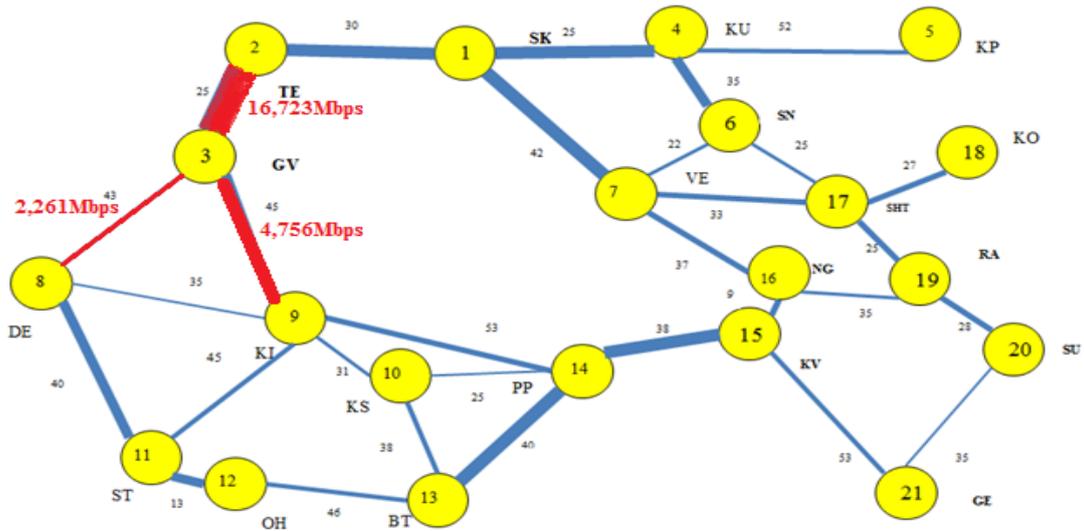
Линк	Најкраток пат	Поминува/не поминува низ линкот	Сообраќај со SEI
Гостивар-Тетово	25	да	24
Гостивар-Скопје	55	да	138,9
Гостивар-Куманово	80	да	27,1
Гостивар-Крива	132	да	4,9

6 ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА

Паланка			
Гостивар-Свети николе	115	да	4,5
Гостивар-Велес	97	да	13,6
Гостивар-Кочани	167	да	9,9
Гостивар- Штип	130	да	12,5
Гостивар-Неготино	134	да	4,8
Гостивар- Радовиш	155	да	7,5
Гостивар-Струмица	183	да	13,6
Гостивар-Кавадарци	136	не	0
Гостивар-Гевгелија	189	не	0
Гостивар-Прилеп	98	не	0
Гостивар-Кичево	45	не	0
Гостивар-Крушево	76	не	0
Гостивар-Битола	114	не	0
Гостивар-Охрид	96	не	0
Гостивар-Струга	83	не	0
Гостивар-Дебар	43	не	0
Гостивар-Тетово(Ерланг)			261,3
Гостивар-Дебар	43	да	4,98
Гостивар-Кичево	45	не	0
Гостивар-Струга	83	да	16,15
Гостивар-Охрид	96	да	14,20
Гостивар-Битола	114	не	0
Гостивар- Крушево	76	не	0
...			
Гостивар-Дебар(Ерланг)			35,33
Гостивар-Кичево	45	да	12,15
Гостивар-Дебар	43	не	0
Гостивар-Струга	83	не	0
Гостивар- Охрид	96	не	0
Гостивар-Крушево	76	да	2,47
Гостивар-Битола	114	да	24,30
Гостивар-Прилеп	98	да	19,6
Гостивар-Кавадарци	136	да	9,6
Гостивар-Гевгелија	189	да	6,2
Гостивар-Неготино	134	не	0
...			
Гостивар-Кичево(Ерланг)			74,32

б) Пресметување Bandwidth

	LINK	Erlang(traffic)	Bandwidth(bps)	Kbps	Mbps
1	Гостивар-Тетово	261,3	16723200	16723,2	16,7232
2	Гостивар-Дебар	35,33	2261120	2261,12	2,26112
3	Гостивар-Кичево	74,32	4756480	4756,48	4,75648



Слика 23. Пресметуван Bandwidth од Гостивар за една мрежа

Еден ISP провајдер од градот Гостивар за да ги задоволи потребите на корисниците од една компјутерска мрежа во еден регион (за случајот 21 град) треба да биде подготвен да позајми капацитет за: Гостивар-Тетово (16,7232) + Гостивар-Кичево (4,75648)+Гостивар-Дебар(2,26112)=23,7407 Mbps. Според овој податок треба да позајми линија од наведената листа која е прикажана во табелата 42. Цени за терминални и преносни сегменти на изнајмени линии

34 Mbit/s (до 50 km)	155.387,00 ден
----------------------	----------------

Глава 7

7 ЗАКЛУЧНИ СОГЛЕДУВАЊА

Содржина

7.1 Резиме	110
7.2 Насоки за понатамошни истражувања	113

Во оваа глава се обединети заклучоците од претходните глави и се изложени можните насоки за понатамошни истражувања.

7 ЗАКЛУЧНИ СОГЛЕДУВАЊА

Пресметувањето на множеството релевантни параметри дава индикатори кои помагаат во процесот на планирање и моделирање WAN-мрежи со соодветен капацитет и минимална цена. Тие вклучуваат: матрица на комуникација за секој град, број на домаќинства, број на корисници на мрежата, тотален сообраќај за кој и да било град, матрица на сообраќајот меѓу сите градови и најкратки патеки меѓу јазлите на графот, кои се определуваат преку користење соодветни алгоритми како Дајкстра (Dijkstra) и/или Флојд-Воршал (Floyd-Warshall), пресметување на пропусниот опсег на линковите на најкратката патека, под претпоставка дека секоја единица на сообраќај (Erlang) е еквивалент на 64 kbps. Причината за идентификација и евалвација на овие параметри е многу јасна: да се развие модел што ќе ја одреди точната цена на мрежата со услови поставени од барањата на потенцијалните корисници, вклучувајќи и некои социоекономски варијабли, како индикатори за нивото на технолошкиот развој кои влијаат врз вредностите во матрицата на сообраќајот, како главна цел на наши идни истражувања.

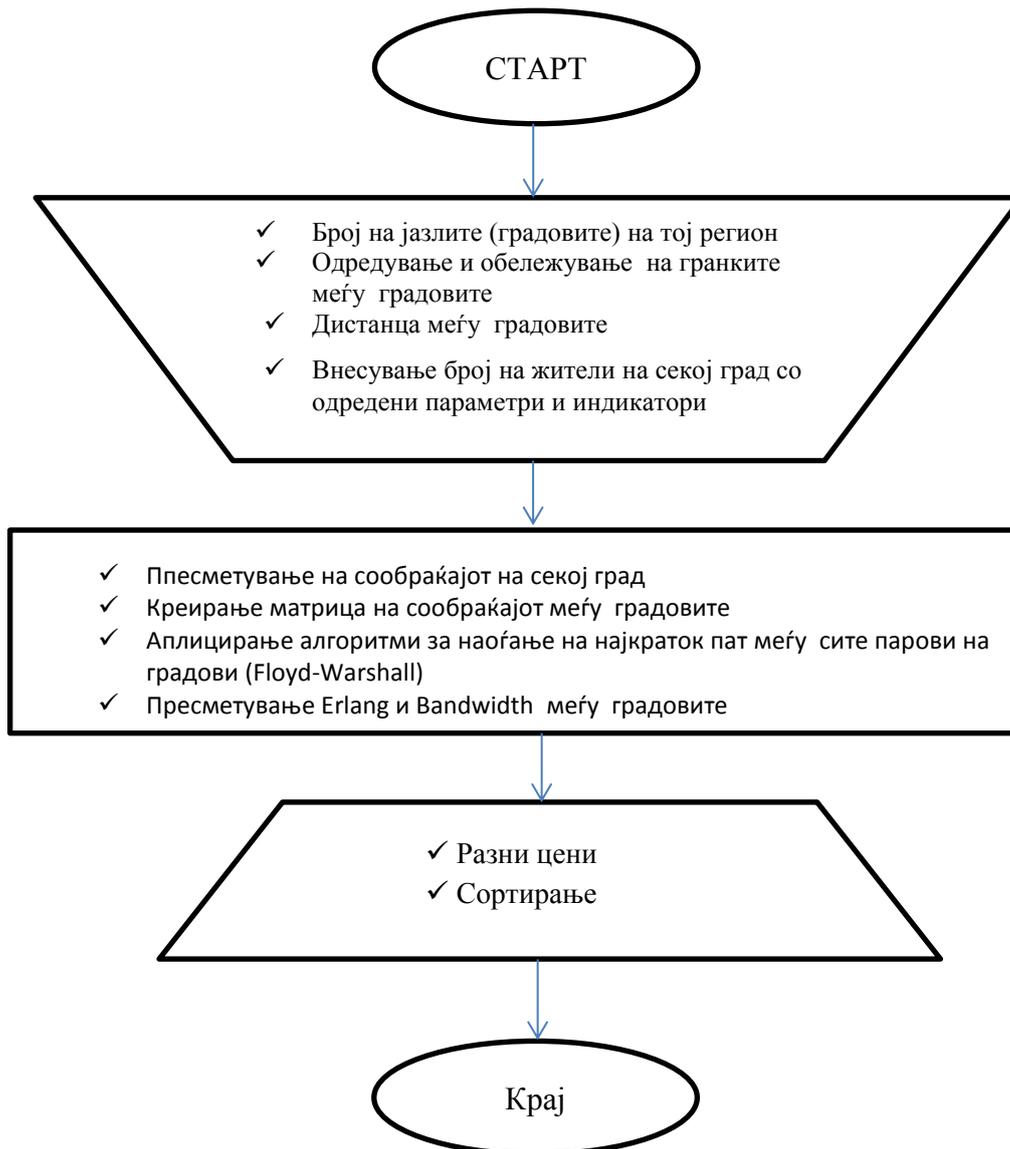
7.1 Резиме

Оваа методологија за планирање и моделирање на трошоците за дизајнирање на WAN-мрежи ако се имплементира во разни региони треба да внесеме влезни параметри, карактеристични за тој регион како што се:

- ✓ Број на јазлите (градовите) на тој регион
- ✓ Одредување и обележување на гранките меѓу градовите
- ✓ Оддалеченост меѓу градовите

-
- ✓ Внесување број на жители на секој град со овие параметри:
 - С - комерцијални и домаќинства во процент
 - Р - број на жители на градот
 - N - број на жители во една куќа
 - СС - број на активни он-лајн сесии на едно комерцијално домаќинство во 24 ч.;
 - CL - времетраење на една он-лајн сесија кај комерцијалните домаќинства;
 - R- резидентни домаќинства во процент
 - CR- број на активни он-лајн сесии на едно резидентно домаќинство во 24ч;
 - RL - времетраење на една он-лајн сесија кај резидентните домаќинства
 - SEI со параметрите:
 - I_1 -број на вработени во јавниот сектор во тој град
 - I_2 -број на вработени во деловни субјекти во тој град
 - I_3 -број на ученици во тој град
 - I_4 -број на студенти во тој град
 - I_5 -број на невработени во тој град
 - I_6 -број на друго населени
 - Р-број на жители на градот
 - W_1 - користење информатичко-комуникациски технологии во **јавниот сектор**, интернет
 - W_2 - користење информатичко-комуникациски технологии во **деловни субјекти**, интернет
 - W_3 - користење информатичко-комуникациски технологии **ученици**, интернет
 - W_4 - користење информатичко-комуникациски технологии **студенти**
 - W_5 - користење информатичко-комуникациски технологии **невработени**
 - W_6 - користење информатичко-комуникациски технологии **други**

- ✓ Пресметување на сообраќајот на секој град
- ✓ Креирање матрица на сообраќајот меѓу градовите
- ✓ Аплицирање алгоритми за наоѓање најкраток пат меѓу сите парови на градови (Флојд-Воршал)
- ✓ Пресметување Erlang и Bandwidth меѓу градовите
- ✓ Минимална цена



Слика 24. Кратки чекори на методологијата за еден WAN

7.2 Насоки за понатамошни истражувања

Уште пред десетина години, едно од прашањата кои беа поставувани е „дали е порентабилно да се пресметува локално, или да се посегне преку мрежа до моќен, оддалечен, или дистрибуиран систем?“ Ако дистрибуираниот компјутерски систем работи на огромни проблеми, проблеми кои понекогаш бараат денови, месеци, па дури и години на обработка на податоци, тогаш цената на испраќање на податоците преку мрежата не е со толку далекусежни последици. Од друга страна, пак, со повеќето проблеми може лесно да се справуваме и локално – тогаш, нивното испраќање преку мрежа би било чиста финансиска загуба. Со други зборови, се сметаше дека најисплатливо е доколку компјутерите се колку што е можно поблиску до апликациите.

Во 2009 година, пак, единаесетмина компјутерски научници на Универзитетот во Калифорнија, Беркли, повторно прават анализа: излегува дека трошоците за складирање и за сервери паѓаат многу побрзо отколку трошоците за мрежни врски. Бројките се, така речиси, драматични: WAN трошоците паднале за фактор 2.7x, што звучи прилично добро, но трошоците за пресметувачката опрема паднале за неверојатни 16 пати. На тој начин, тие го потврдуваат спротивното мислење – дека облакот е поевтин во повеќето случаи!

Еден од најпредизвикувачките аспекти на моделот на пресметување во облак е дека тој е зависен од WAN. Пропусниот опсег и латентноста, како прашања кои се својствени за WAN, можат да предизвикаат мигрирањето на апликациите да не успева. Како, во крајна линија, облак-базираните апликации ќе се извршуваат преку WAN? Деновиве, давателите на услуги го преземат товарот (и во време и пари) да се развие и да се обезбеди робусна и хетерогена платформа која ќе поддржува широк спектар на компании и ќе ги автоматизира услугите за да се намалат севкупните трошоци, зголемувајќи ги, во исто време, перформансите за крајните корисници. Што се однесува токму до мигрирањето во облак, односно SaaS услуги, треба да се земат предвид неколку елементи.

Прво, компаниите треба да размислуваат за сообраќајот којшто поминува низ нивните мрежи, како и нивната потреба од пропусен опсег и расположливост. За среќа, повеќето компании имаат поголем опсег на располагање отколку што навистина е потребно за повеќето облак-базирани апликации. За некои компании, едноставно зголемување на пропусниот опсег што го добиваат од интернет провајдерите може да биде сè што е потребно и речиси никакви промени не треба да бидат направени на нивната WAN мрежа.

За компаниите, пак, кои имаат потреба од „временски осетливи“ облак-базирани (или SaaS) платформи, важно е зголемувањето на пропусниот опсег, но истовремено и постојана евалуација на алтернативните провајдери. Постоенето на синхронизација помеѓу нивната мрежа и онаа на провајдерот може да го намали бројот на скокови до- и од платформата, со што се намалува времето на одзив, а се зголемува брзината на поврзување. Згора на сè, со провајдерот може да се дискутира и за приватна мрежа (dedicated circuits), со цел да се добијат подобри перформанси.

Во рамките на една WAN мрежа, приоритизирањето на апликациите може да биде критично за да се елиминира колку што е можно поголем дел од времето на одзив. Cisco Systems, на пример, како и некои други компании, развиваат нови методи за приоритизирање на апликациите, како што е Wide Area Application Services, кои можат да помогнат да се забрза и да се компресира сообраќајот за апликациите преку WAN мрежи.

Многу претпријатија имплементираат централизиран пристап до Интернет за своите организациони единици. Ова е, можеби, една од најголемите промени коишто ќе треба да се направат за претпријатијата. Тие треба да го прифатат фактот дека на секоја организациона единица ѝ треба директен пристап до Интернет и дека не се потребни приватни врски помеѓу единиците, пред секоја од нив да пристапи на Интернет. Пропусниот опсег што би бил потребен за секоја организациона единица, доколку истите мигрираат добар дел од нивните интерни апликации во облак, ќе биде премногу голем, а апликациите би работеле премногу бавно без ваквата промена.

Токму поради добар дел од актуелните трендови, принципите кои се претставени во методологијата за планирање и моделирање на трошоци за дизајнирање на WAN-мрежа, во рамките на оваа дисертација, можат и понатаму

да се надградуваат. Пресметувањето на тоталниот сообраќај, меѓу другото со предложените социоекономски индикатори, придонесува за развојот на методологија која полесно конвергира кон крајната цел – комуникациска мрежа која ги задоволува потребите за која е креирана, со минимални трошоци. Се разбира дека, со зголемување на техничко-технолошкото ниво, паралелно се појавуваат нови предизвици коишто треба и солидно теоретски да се проучат.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Marcus, J.S., *Designing Wide Area Networks and Internetworks*, Addison-Wesley, 1999.
- [2] Norris, M. & Pretty, S., *Designing the Total Area Network: Intranets, VPNs and Enterprise Networks Explained*, Wiley-BT Series, 2000.
- [3] Mukherjee, B., Banerjee, D. Ramamurthy, S. & Mukherjee, A., “Some principles for designing a wide-area WDM optical network”, *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol. 4, No. 5, 1996, pp. 684-696.
- [4] Del Giudice, P.S. & Amoza, F.R., “Designing WAN Topologies under Redundancy Constraints”, *Optical Fiber Communications and Devices*, Yasin, M. (Ed.), InTech, 2012.
- [5] Bigos, W., Cousin, B., Gosselin, S., Le Foll, M. & Nakajima, H., “Survivable MPLS Over Optical Transport Networks: Cost and Resource Usage Analysis”, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 25, No. 5, 2007, pp. 949 – 962.
- [6] Chou, W., “Optimizing the WAN between Branch Offices and the Data Center”, *IT Professional*, Vol. 11, No. 4, 2009, pp. 24-27.
- [7] Kuribayashi, S., “Improving Quality of Service and Reducing Power Consumption with WAN accelerator in Cloud Computing Environments”, *International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC)*, Vol. 5, No. 1, 2013, pp. 41-52.
- [8] Barney, D., “Cloud vs. WAN Costs: A Breakdown”, *Redmond Magazine*, <http://redmondmag.com/articles/2011/12/01/cloud-vs-wan-costs.aspx>, 2011
- [9] Al-Wakeel, S.S., “Development of Planning and Cost Models for Designing A Wide Area Network in Kingdom of Saudi Arabia”, *Research Report #9*, Research Center, College of Computer and Information Sciences, King Saud University, 2009.
- [10] De Montis, A., Barthelemy, M., Chessa, A. & Vespignani, A., “The structure of Inter-Urban traffic: A weighted network analysis”, *Environment and Planning: B*, Vol. 34, pp. 905-924, 2007.

-
- [11] Taylor, W.J., Zhu, G.X., Dekkers, J. & Marshall, S., “Socio-Economic Factors Affecting Home Internet Usage Patterns in Central Queensland”, *Informing Science Journal*, Vol. 6, Central Queensland University, Rockhampton, Qld, Australia, 2003.
- [12] State Statistical Office, “Total population, households and dwellings according to the territorial organization of the Republic of Macedonia, 2004”, Skopje, Macedonia, 2005.
- [13] Cormen, T.H., Leirserson, C.E., Rivest, R.L. & Stein, C. *Introduction to Algorithms*, The MIT Press, 2009.
- [14] Bollobas, B., *Modern Graph Theory*, Springer, 2013.
- [15] Rhodes, J. (2070), *Adjacency Matrices in Dijkstra’s Shortest Path Algorithm*, University of North Carolina at Chapel Hill.
- [16] Larsson, C., *Design of Modern Communication Networks: Methods and Applications*, Academic Press, 2014.
- [17] Agency for Electronic Communications, *Market Analyses*, http://www.aec.mk/index.php?option=com_content&view=article&id=440&Itemid=81&lang=mk, 2010
- [18] <http://www.answers.com/topic/dijkstra-s-algorithm>, (Accessed October, 2007)
- [19] http://en.wikipedia.org/wiki/Shortest_path_problem, (Accessed October, 2007)
- [20] <http://vinodcse.wordpress.com/2006/05/19/code-for-dijkstras-algorithm-in-c-2/>, (Accessed Decemer, 2007)
- [21] http://www.pr-tech.net/?menu=shkrime&art_id=51, (Accessed September, 2008)
- [22] http://www.boost.org/doc/libs/1_36_0/libs/graph/doc/johnson_all_pairs_shortest.html, (Accessed October, 2008)
- [23] http://sourceforge.net/project/showfiles.php?group_id=7586, (Accessed October, 2008)
- [24] http://www.boost.org/doc/libs/1_36_0/libs/graph/example/johnson-eg.cpp, (Accessed October, 2008)
- [25] <http://www.crnarupa.singidunum.ac.rs/valjevo/2008-2009/Poslovna%20informatika/Informatika.pdf> (Accessed mart, 2013)
- [26] Maurizio Naldi* and Claudia Salaris ,Rank-size distribution of teletraffic and customers over a wide area network, Roma , 2006; 17:415–421

-
- [27] Matthew Roughan, Robust Network Planning, University of Adelaide, 2009, Adelaide, South Australia
- [28] V. Paxson. Strategies for sound Internet measurement. In ACM Sigcomm Internet Measurement Conference (IMC), Taormina, Sicily, Italy, October 2004.
- [29] A. M. Odlyzko. Internet traffic growth: Sources and implications. In B. B. Dingel, W. Weiershausen, A. K. Dutta, and K.-I. Sato, editors, Optical Transmission Systems and Equipment for WDM Networking II, volume 5247, pages 1–15. Proc. SPIE, 2003.
- [30] J. Kowalski and B. Warfield. Modeling traffic demand between nodes in a telecommunications network. In ATNAC'95, 1995.
- [31] R. B. Potts and R. M. Oliver. Flows in Transportation Networks. Academic Press, 1972.
- [32] P. Pyhnen. A tentative model for the volume of trade between countries. Weltwirtschaftliches Archive, 90:93–100, 1963.
- [33] J. Tinbergen. Shaping the world economy: Suggestions for an international economic policy. The Twentieth Century Fund, 1962.
- [34] R. K. Ahuja, T. L. Magnanti, and J. B. Orlin. Network Flows: Theory, Algorithms, and Applications. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1993.
- [35] D. Alderson, H. Chang, M. Roughan, S. Uhlig, and W. Willinger. The many facets of Internet topology and traffic. Networks and Heterogeneous Media, 1(4):569–600, December 2006.
- [36] G. E. P. Box and N. R. Draper. Response Surfaces, Mixtures and Ridge Analysis. Wiley, 2nd edition, 2007.
- [37] Algoritmi për gjetjen e shtegut më të shkurtër për të gjithë çiftet e kulmeve të grafit/ Algorithms of finding the shortest paths between all pairs of vertices in the graph, Basri Ahmedi, Punim magjistature, mentor Lule Ahmedi, SEEU Tetovë, 2009
- [38] Algoritmet për gjetjen e shtegut më të shkurtër nga burimi i vetëm, Dorlir Behluli, Punim diplome, mentor Lule Ahmedi, Universiteti i Prishtinës, 2007
- [39] Floyd-Warshall algoritmi, Ivica Huk, projekt, Sveucilište u Split, Odjel za stručne studije, 2005
- [40] Grafet ,përdorime në elektroteknikë, elektronikë, mekanikë, automatikë dhe makinat llogaritëse, Alfred Paloka, "Mihal Duri", Tiranë, 1981

-
- [41] Osnovi na teorija na grafovi, D.Svetkovic, "Prosfetno Delo",Skopje, 1975
- [42] J. D. Brutag. Aberrant behavior detection and control in time series for network monitoring. In Proceedings of the 14th Systems Administration Conference (LISA 2000), New Orleans, LA, USA, December 2000. USENIX.
- [43] L. S. Buriol,M. G. C. Resende, C. C. Ribeiro, and M. Thorup. A memetic algorithm for OSPF routing. In Proc. 6th INFORMS Telecom, pages 187–188, 2002
- [44] V. Erramilli, M. Crovella, and N. Taft. An independent-connection model for traffic matrices. In ACM SIGCOMM Internet Measurement Conference (IMC06), pages 251–256, New York, NY, USA, 2006. ACM.
- [45] B. Fortz and M. Thorup. Internet traffic engineering by optimizing OSPF weights. In Proc. 19th IEEE Conf. on Computer Communications (INFOCOM), pages 519–528, 2000.
- [46] A. Lakhina, M. Crovella, and C. Diot. Characterization of network-wide anomalies in traffic flows. In ACM SIGCOMM Internet Measurement Conference, Taormina, Sicily, Italy, October 2004.
- [47] N. F. Maxemchuk, I. Ouveysi, and M. Zukerman. A quantitative measure for comparison between topologies of modern telecommunications networks. In IEEE Globecom, 2000.
- [48] L. Qui, Y. Zhang, M. Roughan, and W. Willinger. Spatio-temporal compressive sensing and Internet traffic matrices. In to appear in ACM Sigcomm, August 2009.
- [49] M. Roughan and J. Gottlieb. Large-scale measurement and modeling of backbone Internet traffic. In SPIE ITCOM, Boston, MA, USA, 2002.
- [50] M. Roughan, A. Greenberg, C. Kalmanek, M. Rumsewicz, J. Yates, and Y. Zhang. Experience in measuring Internet backbone traffic variability: Models, metrics, measurements and meaning. In Proceedings of the International Teletraffic Congress (ITC-18), pages 379–388, Berlin, Germany, 2003.
- [51] M. Roughan, M. Thorup, and Y. Zhang. Traffic engineering with estimated traffic matrices. In ACM SIGCOMM Internet Measurement Conference (IMC), pages 248–258, Miami Beach, FL, USA, 2003.
- [52] Y. Zhang, Z. Ge, M. Roughan, and A. Greenberg. Network anomography. In Proceedings of the Internet Measurement Conference (IMC '05), Berkeley, CA, USA, October 2005.

-
- [53] Taylor, W.J. Factors affecting the adoption of Internet technologies for community practice in a regional area. Faculty of Informatics and Communication, Central Queensland University, 2002, Australia.
- [54] Albert R, Barab`asi AL, Statistical mechanics of complex networks, 2002, Indiana, Rev. 47-97.
- [55] Barrat A, Barth´elemy M, Pastor-Satorras R, Vespignani A, The architecture of complex weighted networks, 2004, Proceedings of The National Academy of Sciences , USA, 11, 3747-3752.
- [56] De Montis A, Barth´elemy M, Campagna M, Chessa A, Vespignani V, forthcoming, Topological and dynamic properties emerging in a real inter-municipal commuting network: perspectives for policy-making and planning, Congress of the European Regional Science Association, Amsterdam, 2005.
- [57] Gorman SP, 2001, ‘The network advantage of regions: the case of the USA, Europe and China’ paper presented at the International Regional Science Association Meeting, Charleston,
- [58] Italian National Institute of Statistics (Istat), 1991b, 13th Censimento generale della popolazione e delle abitazioni, (13th General census of population and houses).
- [59] Pastor-Satorras R, Vespignani A, ‘Evolution and Structure of the Internet’ Cambridge University Press, 2004, Cambridge, USA.
- [60] D. L. Alderson, H. Chang, M. Roughan, S. Uhlig, and W. Willinger, The many facets of Internet topology and tra c. Networks and Heterogeneous Media, 1(4):569{600, December 2006, USA.
- [61] S. Boyd and L. Vandenberghe. Convex Optimization. Cambridge University Press, 2004.
- [62] V. Erramilli, M. Crovella, and N. Taft. An independent-connection model for tra c matrices. Technical Report BUCS-TR-2006-022, Department of Computer Science, Boston University, September 2006, Boston.
- [63] J. Kowalski and B. Warfield. Modeling traffic demand between nodes in a telecommunications network. In ATNAC '95, 1995, Melbourne, Australia.
- [64] A. Soule, A. Nucci, R. L. Cruz, E. Leonardi, and N. Taft. Estimating dynamic traffic matrices by using viable routing changes. IEEE/ACM Transactions on Networking, 15(3):485{498, 2007, Milano, Italy.
- [65] A. Tanenbaum, Computer Networks, 4th edition, 2003, New Jersey

ЛИСТА НА ТАБЕЛИ

Табела 1. *Јазли на симулираниот граф на картата*

Табела 2. *Гранките со тежиштата*

Табела 3. *Број на население и домаќинства на градовите*

Табела 4. *Сообраќајот за градовите*

Табела 5. *Матрица на сообраќајот меѓу градовите без SEI*

Табела 6. *Пресметување на SEI*

Табела 7. *Сообраќај за 21 град со SEI*

Табела 8. *Матрица на сообраќајот меѓу 21 град со SEI*

Табела 9. *Сообраќајот за двата правци меѓу градовите*

Табела 10. *Табела на рутирање*

Табела 11. *Чекори на алгоритмот Дајкстра*

Табела 12. *Пократките патишта со Дајкстра*

Табела 13. *Најкраток пат и рута со Дајкстра*

Табела 14. *Флојд-Воршал 1*

Табела 15. *Флојд-Воршал 2*

Табела 16. *Флојд-Воршал 3*

Табела 17. *Флојд-Воршал 4*

Табела 18. *Флојд-Воршал 5*

Табела 19. *Флојд-Воршал 6*

Табела 20. *Флојд-Воршал 7*

Табела 21. *Флојд-Воршал 8*

Табела 22. *Флојд-Воршал 9*

Табела 23. *Флојд-Воршал 10*

Табела 24. <i>Флојд-Воршал</i>	11
Табела 25. <i>Флојд-Воршал</i>	12
Табела 26. <i>Флојд-Воршал</i>	13
Табела 27. <i>Флојд-Воршал</i>	14
Табела 28. <i>Флојд-Воршал</i>	15
Табела 29. <i>Флојд-Воршал</i>	16
Табела 30. <i>Флојд-Воршал</i>	17
Табела 31. <i>Флојд-Воршал</i>	18
Табела 32. <i>Флојд-Воршал</i>	19
Табела 33. <i>Флојд-Воршал</i>	20
Табела 34. <i>Флојд-Воршал</i>	21
Табела 35. <i>Флојд-Воршал</i>	22
Табела 36. <i>Најкраток пат и рута со Флојд-Воршал</i>	
Табела 37. <i>Пресметување Erlang Тетово-Скопје</i>	
Табела 38. <i>Erlang на неколку парови јазли</i>	
Табела 39. <i>Bandwidth за линкови на мрежата</i>	
Табела 40. <i>Иновации во телефонија, компјутерски и CATV мрежи</i>	
Табела 41. <i>Еволутивни чекори на интернетот</i>	
Табела 42. <i>Цени за терминални и преносни сегменти на изнајмени линии</i>	
Табела 43. <i>Изнајмени воздушни големопродажни линии</i>	

ЛИСТА НА СЛИКИ

Слика 1. Сообраќајот за 1 ч.

Слика 2. Сообраќајот дистрибуиран по градовите за 1 ч.

Слика 4. Карта со претпоставени линкови

Слика 5. Најкраток пат од темето ВТ со сите други темиња

Слика 6. Флојд-Воршал

Слика 7. Графот на една WAN-мрежа каде што се применува Флојд-Воршал

Слика 8. Обележување на најкраткиот пат на три пара јазли

Слика 9. Најкраток пат пресметан со алгоритмот Флојд-Воршал

Слика 10. Пропорции на кабли во зависност од Bandwidth

Слика 11. Карта на Bandwidth (bit/s)

Слика 12. Индукторски телефон, комутаторски центар, аналоген пренос

Слика 13. Дигитален пренос меѓу двете центри (16 Kbps)

Слика 14. ISDN структура (64 Kbps)

Слика 15. Ethernet мрежа со коаксијален кабел (10 Mbps...1Gbps)

Слика 16. ATM мрежи (2,5 Gbps...10Gbps)

Слика 17. CATV (Cable Antenna Television)

Слика 18. Хетерогена мрежа

Слика 19. Мрежа на Телесмарт Телеком во неколку земји во регионот

Слика 20. Македонски телеком и други оператори (2010)

Слика 21. Тип на Simplex комуникација од А до Б

Слика 22. МАРНЕТ шема поврзување

Слика 23. Пресметуван Bandwidth од Гостивар за една мрежа

Слика 24. Кратки чекори на методологија за планирање на еден WAN

ЛИСТА НА ОЗНАКИ

DOS Disc Operating System, Оперативен систем ДОС

IBM International Business Machines, IBM корпорација

PC Personal Computer, Персонален сметач

LAN Local Area Network, Локална комуникациски мрежа

Xerox, Xerox корпорација

Intel, Intel корпорација

DEC, DEC корпорација

IEEE Institute Of Electrical And Electronics Engineers, Институтот ИЕЕЕ

WAN Wide Area Network, Регионални комуникациски мрежи

FDDI Fiber Distributed Data Interface, Мрежна акхитектура со медиум фибер

OSI Open System Interconnection, Ниво на комуникациските мрежи

IP Internet protocol, Интернет протокол

FTP File Transfer Protocol, Протокол за пренос на податоци

SMTP Simple Mail Transfer Protocol, Интернет стандард за пренос на електронска пошта

POP3 Post Office Protocol 3, Еден од двете најважни стандардни интернет протоколи за преземање електронска пошта

IMAP Internet Message Access Protocol, Еден од двете најважни стандардни интернет протоколи за преземање електронска пошта

WEB Waid Word Web, Светска комуникациска мрежа

Gopher, Претходник на WEB

TCP/IP Transmission Control Protocol/Internet protocol, Трансмисиски контролен протокол/Интернетски протокол

Dijkstra, Алгоритамот Дајкстра за наоѓање најкраток пат од едно теме до другите темиња

Floyd-Warshall, Алгоритамот Флојд-Воршал за наоѓање најкраток пат за сите парови на јазли на еден граф

T, Број на домаќинства

C, Комерцијални домаќинства во процент

P, Број на жители на градот

N, Број на жители во една куќа

CC, Број на активни он-лајн сесии на едно комерцијално домаќинство во 24ч.;

CL, Времетраење на една он-лајн сесија кај комерцијалните домаќинства;

R, Резидентни домаќинства во процент

CR, Број на активни он-лајн сесии на едно резидентно домаќинство во 24ч;

RL, Времетраење на една он-лајн сесија кај резидентните домаќинства;

CT, Број на комерцијални домаќинства 15%

RT, Број на резидентни домаќинства 85%

TC, Број на приклучоци за 1 час за комерцијалните домаќинства $(CT*CL*4)/24$,
 $CL=1/2h$

TR, Број на приклучоци за 1 час за резидентните домаќинства $(RT*RL*1)/24$,
 $RL=1/2$

T_{AB} , Сообраќај меѓу градот A и B

T_A , Сообраќај од градот A со сите градови

P_B , Број на жители во градот B

P_T , Број на сите жители од 21 град на претпоставената комуникациска мрежа

SEI, Socio Economic Indicator, Социоекономски индикатор

a_1 , Процент на вработени во јавниот сектор во тој град

a_2 , Процент на вработени во деловни субјекти во тој град

a_3 , Процент на ученици во тој град

a_4 , Процент на студенти во тој град

a_5 , Процент на невработени во тој град

a_6 , Процент на друго население

I_J , Број на вработени во јавниот сектор во тој градот

I_2 , Број на вработени во деловни субјекти во тој град

I_3 , Број на ученици во тој град

I_4 , Број на студенти во тој град

I_5 , Број на невработени во тој гра

I_6 , Број на друго население

W_1 , Користење информатичко-комуникациски технологии во **јавниот сектор**, интернет **72%** (од Државен завод за статистика, бр.8.1.11.31)

W_2 , Користење информатичко-комуникациски технологии во **деловни субјекти**, интернет **36%** (од Државен завод за статистика, бр.8.1.12.25)

W_3 , Користење информатичко-комуникациски технологии од **ученици**, интернет **96,4%** (од Државен завод за статистика, бр.8.1.12.28)

W_4 , Користење информатичко-комуникациски технологии од **студенти**, интернет **96,4%** (од Државен завод за статистика, бр.8.1.12.28)

W_5 , Користење информатичко-комуникациски технологии од **невработени**

W_6 , Користење информатичко-комуникациски технологии - **други**

ERLANG, Максималната количина на пренос на податоци низ еден линк

BANDWIDTH, Количина на податоци во одреден временски период кои можат да се разменат од А до В ($\text{Bandwidth}=\text{Erlang} \cdot 64\text{kbps}$)