



УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ – ШТИП

ФАКУЛТЕТ ЗА ИНФОРМАТИКА

ПРИМЕНЕТА МАТЕМАТИКА

Штип

ВАСИЛКА ВИТАНОВА

**МОДЕЛИРАЊЕ СО СТРУКТУРНИ РАВЕНКИ И
ПРИМЕНА**

МАГИСТЕРСКИ ТРУД

Штип, 2014



UNIVERSITY "GOCE DELCEV" - STIP
FACULTY OF COMPUTER SCIENCE
APPLIED MATHEMATICS
Stip

VASILKA VITANOVA

**MODELING WITH STRUCTURAL EQUATIONS AND
ITS APPLICATION**

MASTER'S THESIS

Stip, 2014

КОМИСИЈА ЗА ОЦЕНКА И ОДБРАНА

ПРЕТСЕДАТЕЛ: Доц. Д-р Мартин Лукаревски
Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип,
Факултет за информатика

ЧЛЕН: Проф. Д-р. Слаѓана Јакимовиќ
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“-Скопје
Педагошки факултет

ЧЛЕН - МЕНТОР: Д-р Татјана Атанасова – Пачемска,
Вонреден професор,
Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип,
Факултет за информатика

Дата на одбрана: _____

БЛАГОДАРНОСТ

Голема благодарност до моето семејство за неизмерната љубов, разбирање и поттик во работата на магистерскиот труд.

Чест ми е да искажам благодарност и до мојот ментор, проф. д-р Татјана Атанасова - Пачемска, за големата соработка во изработката на магистерскиот труд.

МОДЕЛИРАЊЕ СО СТРУКТУРНИ РАВЕНКИ И ПРИМЕНА

MODELING WITH STRUCTURAL EQUATIONS AND ITS APPLICATION

Рецензирани и објавени/прифатени за објавување трудови:

1. Vitanova V., Atanasova - Pachemska T. (2014). *Determining the basic motivational factors of teachers to use ict in their teaching using factor analysis*, IMVI OMEN, ISSN (p) 2303-4882, ISSN (o) 1840-4383.

URL: <http://www.imvibl.org/omen4.htm>

2. Vitanova V., Atanasova-Pachemska T., Iliev D., Pachemska S. (2014). *Factors affecting the development of ICT competencies of teachers in primary schools*, WCES 2014, презентирани и прифатени за објавување во Procedia-Social and Behavioral Sciences Journal (ISSN: 1877-0428).

3. Vitanova V., Atanasova-Pachemska T., Pachemska S. (2014). *Factors affecting the frequency of use in primary schools*, ICEMST 2014, May 16-18 Konya Turkey, презентирани и прифатени за објавување.

МОДЕЛИРАЊЕ СО СТРУКТУРНИ РАВЕНКИ И ПРИМЕНА

Краток извадок

Статистиката е алатка која е неопходна во голем број научни дисциплини, а особено во областите каде се јавува потреба за обработка и анализа на голем број податоци. Денешната ера на современа технологија им овозможува на сите релативно лесно да соберат и да работат со голем број податоци. Таквите податоци многу тешко се анализираат со класичните статистички техники поради големиот број на променливи и природата на меѓусебната поврзаност помеѓу тие променливи. Мултиваријационите статистички методи се применуваат за анализа на овие податоци во повеќе науки.

SEM (structural equation modeling - моделирање со структурни равенки) е статистичка техника која ги комбинира елементите на традиционалните мултиваријациони моделирања, како регресиона анализа, факторска анализа и истовремено добиените резултати од тие приоди ги користи како коефициенти во дефинирање на системи од линеарни равенки (равенско моделирање). [53]

Моделирањето со структурни равенки или SEM е релативно општо, воглавно линеарно и е пресек на повеќе техники на статистичко моделирање. Факторската анализа, пат-анализата и регресионата анализа претставуваат посебни случаи на SEM.

SEM е повеќе потврдувачка отколку истражувачка техника. Тоа значи дека истражувачот во поголема веројатност ќе ја користи SEM да одреди дали одреден модел е валиден, отколку со помош на SEM да „пронајде“ погоден модел, иако SEM анализите често вклучуваат одреден истражувачки елемент.

Во споредба со регресијата и факторската анализа, SEM е релативно непозната техника и примена, и има корени во трудовите кои се појавуваат во доцните 60-ти години на 20-тиот век. Како таква

методологија на истражување сè уште е во развој, па дури и основните концепти се предмет на предизвик и ревизија.

Во Република Македонија моделирањето со структурни равенки не е многу користено како методологија на истражување, па со изработката на овој магистерски труд ќе се даде придонес во развојот на оваа област од примената на анализа на податоци.

Во трудот е направен теоретски приказ на резултатите од мултиваријационите статистички техники – факторска анализа и СЕМ. За потврда на СЕМ-техниката направено е истражување со образовна проблематика. Резултатите од истражувањето се обработени во Microsoft Excel, SPSS 19 и Amos Graphics 18.

Клучни зборови: факторска анализа, моделирање со структурни равенки, ИКТ во наставата, мотивација, ИКТ знаења и вештини.

MODELING WITH STRUCTURAL EQUATIONS AND USAGE

Abstract

Statistics is a tool that is essential in many scientific disciplines, particularly in areas where there is a need to process and analyze large amounts of data. Today's era of modern technology allows everyone to relatively easy assemble and work with large amounts of data. Such data is difficult to analyze with classical statistical techniques due to the large number of variables and the nature of the interrelation between these variables. Multivariate statistical methods are used to analyze these data in multiple sciences.

SEM (structural equation modeling-modeling with structural equations) is a statistical technique that combines elements of traditional multivariate modeling, regression analysis, factor analysis and the results of both these approaches are used as coefficients in the definition of systems of linear equations (equation modeling). [53]

Structural equation modeling or SEM is relatively general, and is mainly linear and intersection of several techniques of statistical modeling. The factor analysis, path analysis and regression analysis are special cases of SEM.

SEM is more of a confirmation than a research technique. This means that the researcher is more likely to use SEM to determine whether a model is valid, rather than use SEM to "find" a suitable model, although SEM analyses often involve certain research element.

Compared with the factor and regression analysis, SEM is relatively unknown technique and application, and has roots in the works that appear in the late 60s of the 20th century. As such methodology is still in development, and even basic concepts are subject to challenge and revision.

In Republic of Macedonia, structural equation modeling is not much used as a research methodology, and the development of this master's thesis will contribute to the development of this area of application of data analysis.

This paper contains theoretical description of the results from multivariate statistical techniques - factor analysis and SEM. For confirmation of SEM-technique research is done in the area of education. The survey results were processed in Microsoft Excel, SPSS 19 and Amos Graphics 18th.

Keywords: factor analysis, structural equation modeling, ICT in teaching, motivation, ICT knowledge and skills.

Содржина

ВОВЕД	14
1. ПОТВРДУВАЧКА ФАКТОРСКА АНАЛИЗА	23
1.1. Модел на потврдувачка факторска анализа	23
1.2. Пример за потврдувачка факторска анализа	27
1.3. Поставување метрика за латентни варијабли	30
1.4. Степени на слобода за моделот на потврдувачка факторска анализа	31
1.5. Оценувачи на максимална веродостојност за факторска анализа	33
1.6. Специјален случај: Еднофакторски модел.....	36
1.7. Мултиособина, модел на мултиметод.....	37
1.8. Проверка на катактеристиките (квантитативни и квалитативни) на моделот	39
2. ПРЕЛИМИНАРНА ФАКТОРСКА АНАЛИЗА.....	43
2.1. Од историјата на факторската анализа	43
2.2. Основни фактори, факторска екстракција	44
2.3. Прелиминарна факторска анализа како посебен случај на потврдувачка	48
2.4. Други методи на факторско екстрахирање	49
2.5. Ротација на фактори.....	50
2.6. Дијагонална ротација.....	54
3. МОДЕЛ НА СТРУКТУРНИ РАВЕНКИ	56
3.1. Основен модел на структурни равенки	56
3.2. Едноставен пример со четири варијабли.....	60
3.3. Сите γ - модели.....	62
3.4. Смеслата на зависните модели.....	63
3.5. Регресијата како специјален модел на структурна равенка	64

3.6. Рекурзивни и нерекурзивни модели	66
3.7. Модели на структурни равенки со латентни варијабли	67
3.8. Втор ред факторска анализа.....	70
3.9. Модели со структурно значење	72
4. КОРИСТЕЊЕ НА МУЛТИВАРИЈАЦИОНИ.....	75
СТАТИСТИЧКИ ТЕХНИКИ ЗА ПРИМЕНА НА ИКТ ВО НАСТАВАТА	75
(ТЕРЕНСКО АНКЕТНО ИСТРАЖУВАЊЕ).....	75
4.1. Знаења и вештини што ги поседуваат наставниците.....	80
4.2. ИКТ компетенција	84
4.3. Утврдување на основните мотивациони фактори на наставниците за користење на ИКТ во наставата со факторска анализа.....	104
4.4. Фреквенција на употреба на ИКТ во наставата	121
4.5. Ставовите на училишниот менаџмент за примена на ИКТ во наставата.....	128
ДИСКУСИЈА, ЗАКЛУЧОЦИ И ПРЕПОРАКИ	131
ПРИЛОЗИ	135
Прилог бр.1.....	135
КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА	143

ВОВЕД

Во многу случаи, истражувачите се заинтересирани за варијабли кои не можат директно да бидат обсервирани (набљудувани), како достигнување, интелигенција, или верувања. Во методологијата на истражување, авторите користат термини како латентни променливи или фактори за да се опишат необсервираните (невидливите) променливи. Се обидуваме да се здобиеме со информации за латентните фактори преку видливи променливи. Факторската анализа (потврдувачка и прелиминарна) и моделирањето со структурни равенки (SEM) се статистички техники кои може да се користат да се редуцира бројот на обсервирани променливи во помал број на латентни променливи со испитување на коваријантноста меѓу обсервираните променливи. [27]

Факторската анализа е мултиваријабилна аналитичка постапка која се обидува да ги идентификува сите основни фактори кои се одговорни за коваријацијата меѓу група независни променливи. Целта на факторската анализа обично е да го редуцира бројот на променливи што се користат за да се објасни врската или да се утврди кои променливи покажуваат поврзаност. Како регресиониот модел, фактор е линеарна комбинација на група на променливи (предмети) комбинирани да претставуваат скала на мерење на концептот. За успешно користење на факторска анализа, сепак, променливите мора да претставуваат индикатори на некоја заедничка основна димензија или концепт, така што тие можат да бидат групирани заедно теоретски, како и математички. [26]

Факторската анализа потекнува од психолошка теорија. Врз основа на работата на Pearson (1901), во која тој предложил „... метод на главни оски...“ Spearman (1904) започнал истражување на општи и специфични фактори на интелигенција. Spearman-овиот двофакторски модел бил зајакнат во 1919 година со откритието на Garnett на повеќефакторски пристап. Овој повеќефакторски модел официјално бил

модифициран и наречен „факторска анализа“ од Thurstone во 1931 година.

Постојат два вида на факторска анализа, прелиминарна и потврдувачка. Разликата меѓу нив е многу слична на разликата во регресија помеѓу тестирање на модел без менување и обидување да се изгради најдобриот модел врз основа на податоците што се користат.

Прелиминарната фактор - анализа е токму тоа: истражувањето на оптоварувања на променливи е да се обидете да постигнете најдобар модел. Ова обично вклучува ставање променливи во модел, каде што се очекува тие да се групираат заедно, а потоа да се види како факторската анализа ги групира нив. Во основа на науката, ова исто така, често пати се нарекува „бункер анализа“, каде што голем број на променливи се фрлени во бункер (компјутер) за да се види што може да се вклопи заедно, а потоа се прави теорија изградена врз основа на што е пронајдено.

На другиот крај од спектарот е поригорозната потврдувачка факторска анализа. Ова ги потврдува најчестите истражувања спроведени со користење на комбинација на овие два, каде истражувачот има идеја кои променливи се вчитуваат и како, користи факторска анализа за поддршка на овие хипотези, но ќе прифати некои мали модификации во однос на групирањето.

Тоа е заедничко за факторската анализа. Генерално, а и прелиминарната факторска анализа конкретно, се смета за процедура за намалување на податоци. Ова подразбира поставување на бројот на променливи во моделот и утврдување кои променливи може да се отстранат од моделот; што го прави повеќе свидлив. Подржувачот на факторската анализа ја осудува оваа постапка, сметајќи дека факторската анализа треба да биде само потврдувачка, потврдувајќи го тоа што претходно се претпоставува во теорија. Секое намалување на

податоци/променливи тогаш би сигнализирало слабост во теоретскиот модел.

Постојат и други практични начини на употреба на фактор - анализа. Прво, кога со употреба на неколку променливи за да претставуваат единствен концепт (теоретски), факторската анализа може да потврди дека концептот од страна на неговата идентификација како фактор. Факторската анализа, исто така, може да се користи за да се провери за мултиколинearноста во променливи за да се користат во регресиона анализа. Променливи кои се групирани заедно и имаат високо факторско оптоварувања се обично мултиколинearни. Ова не е чест метод на утврдување мултиколинearност затоа што додава уште еден слој на анализа.

Факторската анализа често е обемна работа и анализа. Поради ова и за унапредување на други статистички техники, опадна употребата на факторската анализа. Иако на почетокот за факторската анализа „главната конкуренција“ беше пат - анализата, сега моделирање со структурни равенки има предност во споредба со двата други статистички пристапи.

Моделирање со структурни равенки (СЕМ) е мулти-равенска техника во која може да има повеќе зависни варијабли. Системот од повеќе равенки овозможува неколку индикатори за концепти. Ова бара употреба на матрична алгебра, која во голема мера ја зголемува комплексноста на пресметките и анализа. Но, постојат статистички програми, како АМОС која ги врши пресметките.

Моделирање со структурни равенки е методологија за претставување, проценување, и тестирање на мрежа на односи меѓу променливи (мерни варијабли и латентни конструкции).[48]

Анализирањето на податоците од истражувањето и толкување на резултатите може да биде комплексно и збунувачко. Традиционалните статистички пристапи кон анализа на податоци дефинираат стандардни модели, претпоставуваат мерења кои се случуваат без грешка и се малку нефлексибилни. Сепак, моделирањето со структурни равенки бара спецификација на модел базиран на теорија и истражување, и е мултивариантна техника која содржи измерени променливи и латентни конструкции, и експлицитно одредува грешка при мерење. Моделот (дијаграмот) овозможува спецификација на односи меѓу променливи.

Модели на структурни равенки, исто така наречени модели на симултани равенки, се мултивариантни (равенки што содржат повеќе променливи) регресиони модели. За разлика од повеќетрадиционалниот мултивариантен линеарен модел, сепак, одговорната променлива во една регресиона равенка може да се појави како предзнак во друга равенка, навистина променливи во мерење може да си влијаат една на друга реципрочно, директно или преку други променливи како посредници. Овие структурни равенки ја претставуваат зависноста меѓу променливите во моделот. [43]

Циничен поглед на SEM е дека нивната популарност во општествените науки се одразува на легитимноста што моделите се појавуваат да им позајмуваат причинско толкување на податоците од набљудувањата, кога всушност ваквото толкување не е помалку проблематично отколку кај другите видови на регресиони модели применети на податоците од набљудувањата. Подобротворно толкување е дека SEM се блиску до вид на неформално размислување за зависностите што е заедничко во социјално-научното теоретизирање и дека, според тоа, овие модели го олеснуваат преведувањето на таквите теории во анализа на податоци.

Моделирање со структурни равенка е обемна тема. Релативно краток вовед може да се најде во Fox (1984); Dankan (1975); Bollen (1989).

Методологија и подрачје на истражување, научна и општествена
оправданост

Живееме во 21 век кога ИКТ се сметаат за едни од клучните фактори или главни движечки сили за промени кон современиот свет. Тие овозможуваат непречен проток на информации на сите нивоа, транспарентност на податоци, информации, знаења, како и значајна достапност во сите делови на пазарот на сите учесници. Тежнееме кон општество на образовани, флексибилни и креативни луѓе кои мора да имаат можност да се наобразуваат и учат во текот на целиот свој живот.

Развојот на информатичкото општество претставува една од приоритетните задачи на сите земји. Нема сомнение дека образованието е еден од клучните сегменти во поттикнување и поддржување на развојот на информатичкото општество и тоа од два аспекта. Прво, овој сегмент треба да биде лидер во промоцијата на информатичкото општество и создавањето на стручни и компетентни кадри кои можат да одговорат на предизвиците на информатичкото општество и економијата базирана на знаење. Не постои развој на информатичкото општество и економијата базирана на знаење без соодветни квалификации на луѓето кои активно треба да партиципираат во користење на бенефициите кои ги нудат истите. Второ, квалитетот на наставнообразовниот процес директно зависи од примената на информатичко-комуникациските технологии во него. [37]

Интензивниот и брз развој на ИКТ доведуваат до омасовување и неминовност на нивната употреба, како и промени во сите сфери вклучувајќи го и образованието како процес. ИКТ не претставува само средство за реализација на образовните цели туку значаен фактор за

комплетно реструктурирање на образовниот систем, воведување на нови интерактивни и партиципативни модели на настава, нова образовна педагогија, континуирано и доживотно учење. [50]

Квалитетот на наставно-образовниот процес директно зависи од примената на информатичко-комуникациските технологии во него.

Компјутеризацијата и дигитализацијата на образованието во Република Македонија интензивно се развива последните години со масовната хардверска опременост на сите училишта и спроведените обуки на наставниот кадар за примена на ИКТ во наставата. Конкретната употреба на ИКТ во наставата укажува на процес на интензификација и омасовување на употребата сè додека под употреба се подразбира опременост со ИКТ и нивна функционалност во училиштата.

На најмалку 30% од часовите наставниците во своите наставни планови и програми задолжително треба да вметнат примена на ИКТ за својот наставен предмет.

Во ова научно-теоретско и емпириско истражување е дефиниран предметот кој ќе се истражува – мултиваријациони статистички методи, како факторска анализа и моделирање со структурни равенки - нивната примена, улога и значење во примена на ИКТ во наставата. При тоа користени се општи и посебни научни методи. Од општите научни методи се користени: анализа и синтеза, метод на генерализација и компаративен метод, додека од посебните се користени: методот на анкета и статистичките методи. Во научно-теоретскиот дел е даден осврт на мултиваријационите статистички техники (потврдувачката и експлоататорна факторска анализа и на моделирање со структурни равенки). Научно-емпириското истражување е направено преку анкетен прашалник за наставниците во основните училишта за примена на ИКТ во наставата, како и статистичка обработка на податоците. При таквата анализа беше поставена **цел: да се испитаат факторите кои влијаат на мотивацијата на наставниците да користат ИКТ во наставата,**

да се обезбеди валидна и сигурна проценка на степенот и природата на ИКТ знаењата и вештините на наставниците во основните училишта, да се идентификуваат факторите од гледна точка на наставниците кои влијаат на развојот на ИКТ компетенциите, да се идентификуваат факторите кои влијаат на фреквенцијата на употреба на ИКТ во наставата, како и да се утврдат стратегиите на развој за подобрување на ефективностa во иднина.

Структура на магистерскиот труд:

Магистерскиот труд е составен од четири глави:

Глава 1. Потврдувачка факторска анализа

Глава 2. Прелиминарна факторска анализа

Глава 3. Модел на структурни равенки

Глава 4. Примена на факторска анализа и СЕМ во перцепција на користење на ИКТ во наставата (теренско - анкетно истражување)

Заклучоци, препораки и предизвици.

Во првата глава од магистерскиот труд е даден теоретски осврт на потврдувачката факторска анализа. Дефиниран е моделот на потврдувачка факторска анализа, проследен е пример за истиот, поставена е метрика за латентни варијабли, дефинирани се степените на слобода, како и максималната веродостојност. Разгледан е случај на еднофакторски модел, како и модел на мултиметод.

Втората глава содржи теоретски приказ на прелиминарната факторска анализа, согледувајќи ја разликата меѓу неа и потврдувачката факторска анализа, како и согледувањето дека прелиминарната е посебен случај на потврдувачката. Дадено е математичко објаснување за факторската екстракција, каде се разгледани методите на истата како ротација на фактори и дијагонална ротација.

Во третата глава од магистерскиот труд даден е теоретски осврт на моделот на структурни равенки (SEM), дефинирајќи го основниот модел. Разгледан е едноставен пример со четири варијабли, потоа сите у-модел и смислата на овие зависни модели. Понатаму, се разгледува регресијата како модел на структурни равенки, рекурзивен и нерекурзивен модел, модел на структурни равенки со латентни варијабли, втор ред факторска анализа, како и модели со структурно значење.

Во четвртата глава од магистерскиот труд направено е теренско анкетно истражување со цел да се истражи примената на ИКТ кај наставниците во основните училишта во Југоисточниот регион на Република Македонија.

Добиените резултати се обработени во: Microsoft Excel, SPSS 19 и Amos Graphics 18. На крајот од анкетното истражување е даден заклучок и препораки.

Со ова истражување од дадени 21 фактор, од кои 10 позитивни и 11 негативни за мотивацијата за користење на ИКТ во наставата со примена на факторска анализа се добија пет издвоени фактори. Со примена на моделирање со структурни равенки се добија факторите кои влијаат на примена на ИКТ во наставата кај наставниците, како и факторите кои влијаат на фреквенцијата на примена на ИКТ. Исто така направена е и дескриптивна статистичка анализа на податоците добиени од анкетното истражување.

Истражувањето е направено на случаен и репрезентативен примерок.

Истражувањата на оваа проблематика и со примена на овие статистички техники во Република Македонија се многу ретки, може да се заклучи дека оваа истражување е добра платформа за други понатамошни истражувања во оваа и во други области.

Како прилог на магистерската работа е даден прашалникот кој се користеше во анкетното истражување за примена на ИКТ во наставата.

На крајот од магистерскиот труд се донесени заклучоци и се дадени препораки за примена на мултиваријационите статистички методи како факторска анализа и моделирање со структурни равенки.

1. ПОТВРДУВАЧКА ФАКТОРСКА АНАЛИЗА

Во овој дел од ќе биде разгледана мултиваријационата статистичка техника потврдувачка факторска анализа. Ќе биде дефиниран моделот на потврдувачка факторска анализа, исто така ќе биде проследен пример за истиот, ќе биде поставена метрика за латентни варијабли, ќе ги дефинираме степените на слобода, како и максималната веродостојност. Исто така, ќе го разгледаме случајот на еднофакторски модел, како и моделот на мултиметод. [14]

1.1. Модел на потврдувачка факторска анализа

Потврдувачка факторска анализа е статистичка техника која се користи за да се потврди факторската структура на група набљудувани варијабли. Потврдувачката факторска анализа му овозможува на истражувачот да ја тестира хипотезата дека врската помеѓу набљудуваните варијабли и нивните клучни латентни конструкции постои. Истражувачот користи познавање на теоријата, емпириските истражувања или и двете, ја претпоставува врската на шемата априори, а потоа ја тестира хипотезата статистички. [15]

Независните варијабли во овој модел се прикриени конструкции, познати како фактори, димензии или латентни варијабли. Ќе видиме дека ако моделот со прикриени независни варијабли е во ред, тоа прави силна претпоставка за структурата на коваријансите меѓу познатите зависни варијабли. Овие модели се од специјален вид познати како модели на коваријансна структура.

Бидејќи работиме со прикриени варијабли, ќе ја пренасочиме нашата нотација. Во регресија, разгледуваме одредена варијабла како вектор колона што ги покажува поединечните набљудувања кои се состојат од редици. Во фактор анализата, поединечните набљудувања не може целосно да се набљудуваат доколку десната страна варијабли,

факторите, не се набљудувани. Наместо тоа, ќе го анализираме нашиот модел со користење на типично набљудување, ќе го наречеме набљудување, без да го употребиме индексот i . Понатаму, наместо да ги уредиме матриците така што секоја колона е различна варијабла и секоја редица е различно набљудување, ќе ја погледнеме транспонираната матрица.

Ќе го проучуваме моделот:

$$Y = XB + \varepsilon$$

каде колоните на Y (и параметар векторот B толку добро колку и матрицата на грешка ε) претставуваат p различни зависни варијабли. Ако транспонираме на двете страни на моделот би добиле:

$$Y' = B'X' + \varepsilon'$$

Забележуваме дека, со оглед на тоа што производ на транспонирана матрица е транспонираната матрица на инверзната, B и X се инверзни. Исто така, податочните матрици Y' и X' сега имаат редица за секоја варијабла, наместо колона како претходно. Ќе го разгледуваме секое типично набљудување, наместо секој објект, на пример, индекс i :

$$y_i = \mathbf{B}'\mathbf{x}_i + \varepsilon_i.$$

Ако го извадиме индексот од y_i , \mathbf{x}_i и ε_i , би имале:

$$Y = B'X + \varepsilon.$$

Така ќе го опишеме моделот. Ја означуваме регресионата тежина λ наместо β и независните варијабли ќе бидат η наместо x .

Ќе започнеме со скаларна репрезентација на состојбата:

$$\begin{aligned}
 y_1 &= \lambda_{11}\eta_1 + \lambda_{12}\eta_2 + \dots + \lambda_{1m}\eta_m + \varepsilon_1 \\
 y_2 &= \lambda_{21}\eta_1 + \lambda_{22}\eta_2 + \dots + \lambda_{2m}\eta_m + \varepsilon_2 \\
 &\dots = \dots \\
 y_p &= \lambda_{p1}\eta_1 + \lambda_{p2}\eta_2 + \dots + \lambda_{pm}\eta_m + \varepsilon_p .
 \end{aligned}
 \tag{1.1}$$

На левата страна има p различни варијабли. Можеби y_1 преку y_3 прикажува три мерења на клиентското „еколоштво“, што е тенденција за купување еколошки продукти. Можеби y_4 преку y_6 претставува три различни мерења на иновативност. Во секој случај, поентата е дека y се p манифестни или забележани варијабли. Претставуваме податоци од типичен субјект, i -тиот, но индексот i е изоставен, како и обично. На десната страна, имаме регресиони коефициенти, λ_{ij} , кои се во главно β тежини. Во контекст на факторската анализа, регресионите тежини се нарекуваат факторско оптоварување. Причината што имаат два индекса е тоа што треба еден индекс да се додели на зависната варијабла или равенството, а друг индекс да се додели на независната варијабла. Ова се η вредности од кои постојат m . η се заедничките фактори кои објаснуваат многу од однесувањето на y , барем дел од нивното однесување што има е заеднички коваријанси. Конечно, ги имаме и ε_i кои се наречени единствени фактори. Ова не е исто како грешката во моделот на регресија. Во регресијата, грешката е грешка во равенките, наречена грешка на спецификација. Тоа кажува, ако моделот на регресија има R^2 што е 1, на моделот му недостасуваат некои независни варијабли или во спротивно е *неспесифициран*. Во факторска анализа, ε се грешки во варијаблите или мерни грешки. Генерално претпоставуваме дека делот трите варијабли го имаат заедничко, како што е оценето со нивните коваријанси, мора да се должи на фактот дека сите три се барем делумни мерења на она што треба да го мерат. Но, секој од трите има некоја варијанса што е единствена за тоа. Тоа е она што ε_i го зема предвид.

Го запишуваме моделот во матрична форма:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \dots & \lambda_{1m} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \dots & \lambda_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \lambda_{p1} & \lambda_{p2} & \dots & \lambda_{pm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \dots \\ \eta_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \dots \\ \varepsilon_p \end{bmatrix}.$$

$$y = \Lambda\eta + \varepsilon. \quad (1.2)$$

Покрај векторот y , η и ε векторите треба да имаат индекс i бидејќи тоа се случајни променливи, земени од популацијата врз кој се засновува овој модел. Од друга страна, Λ е константна матрица, која содржи параметри кои ја опишуваат таа популација.

Со цел да се покаже како овој модел со латентни варијабли има поврзаност со реалноста, мора да започнеме со некои претпоставки и дефиниции. Претпоставуваме дека $E(y) = 0$, а $p \times 1$ нулти вектор. Ова нема да ја намали генералноста на овој модел, бидејќи коваријансите не се променети со собирање или одземање на константа. Со цел да се процени моделот, ќе претпоставиме дека:

$$\eta \approx N(0, \Psi),$$

$$\varepsilon \approx N(0, \Theta)$$

и дека

$$\text{Cov}(\varepsilon, \eta) = 0.$$

Векторите y , η и ε се центрирани по просекот (аритметичка средина). Исто така ќе видиме доста од коваријансните матрици за η и ε со $V(\eta) = \Psi$ и $V(\varepsilon) = \Theta$. Сега сме подготвени да ја погледнеме коваријансната матрица на y . Од дефиницијата на варијансата имаме:

$$\begin{aligned}
 V(y) &\equiv \Sigma = E(yy') \\
 &= E[(\Lambda\eta + \varepsilon)(\Lambda\eta + \varepsilon)'] \\
 &= \Lambda E(\eta\eta')\Lambda' + \Lambda E(\eta\varepsilon') + E(\varepsilon\eta')\Lambda' + E(\varepsilon\varepsilon')
 \end{aligned}$$

Но, од четирите компоненти од лево кон десно, вториот и третиот дел се губат бидејќи $Cov(\varepsilon, \eta) = 0$. Ќе запишеме $E(\eta\eta') = \Psi$, што е дефинирано погоре како коваријансна матрица на η кога се земаат претпоставките. Во четвртиот дел имаме $E(\eta\eta') = \Theta$ што беше исто така дефинирано погоре како варијанса на единствени фактори. Ставајќи ги сите овие заклучоци заедно, доаѓаме до фактот дека варијансата на y е

$$V(y) = \Lambda\Psi\Lambda' + \Theta \quad (1.3)$$

1.2. Пример за потврдувачка факторска анализа

Ќе погледнеме еден пример за потврдувачка факторска анализа што е доволно комплициран за да биде адекватен и едноставен пример. Да земеме дека сме направиле три анкетни прашања кои го мерат односот кон пиво В и три други анкетни прашања кои го мерат односот кон пиво С. Нашата анкета од шест прашања ги содржи варијаблите дадени во табелата:

Табела 1.1 Опис на варијаблите во анкетата
Table 1.1 Description of the survey variables

Варијабли	Опис
y_1	Мерење 1 на В
y_2	Мерење 2 на В
y_3	Мерење 3 of В
y_4	Мерење 1 на С
y_5	Мерење 2 на С
y_6	Мерење 3 на С

Да завршиме со опишување на моделот, ќе дадеме хипотеза дека има два фактори, $B(\eta_1)$ и $C(\eta_2)$. Нашиот модел ќе биде:

$$y = \Lambda \eta + \varepsilon$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ y_5 \\ y_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & 0 \\ \lambda_{21} & 0 \\ \lambda_{31} & 0 \\ 0 & \lambda_{42} \\ 0 & \lambda_{52} \\ 0 & \lambda_{62} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \varepsilon_4 \\ \varepsilon_5 \\ \varepsilon_6 \end{bmatrix}$$

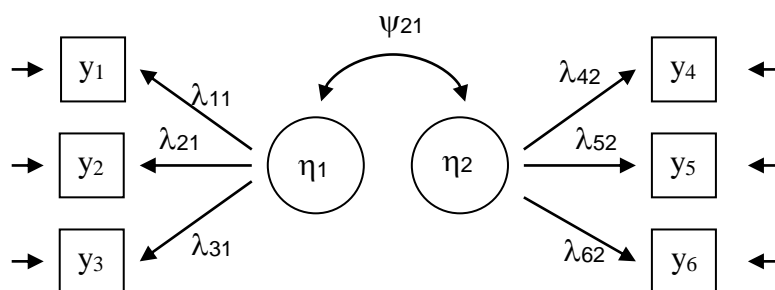
Да потенцираме дека y , η и ε векторите се случајни варијабли, но Λ е параметарска матрица и непознатите во неа мора да бидат проценети од примерокот. За целосно да се процени моделот, имаме исто така две други параметарски матрици:

$$\Psi = \begin{bmatrix} \psi_{11} & - \\ \psi_{21} & \psi_{22} \end{bmatrix} u$$

$$\Theta = \begin{bmatrix} \theta_{11} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \theta_{22} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \theta_{pp} \end{bmatrix}.$$

Забележуваме дека Ψ е симетрична матрица, бидејќи е коваријансна матрица не треба да го наведеме нејзиниот горно триаголен дел. Од дефиницијата за единствен фактор, ε_i се независни што значи дека варијансната матрица ε_i , Θ , е дијагонална. Како општо правило во моделот коваријансна структура, потребно е да се специфицираат варијансите и коваријансите на десната страна случајни променливи и потребно е да ги специфицираме регресионите тежини помеѓу десната и левата страна варијабли.

На Слика 1.1 е даден Пат - дијаграмот за овој модел:



Слика 1.1 Пат - дијаграм на коваријансна структура
Figure 1.1 Path Diagram of a covariance structure

Пат - дијаграмот е многу чест начин на претставување на моделот коваријансна структура, постојат група на конвенции кои одат со овој тип на фигура. Еднонасочните стрелки претставуваат насочени причински патишта, а двонасочните стрелки се користат за претставување на коваријантноста. Единствените фактори и другите видови грешки, обично се означени со еднонасочни стрелки без ознака. Круговите се користат

за прикажување на присуството на латентни варијабли, а квадратите ги прикажуваат забележаните варијабли.

1.3. Поставување метрика за латентни варијабли

Моделот што е претставен досега не може да биде единствено идентификуван. За да се покаже тоа, треба да кажеме дека имаме една варијабла и еден фактор. Во тој случај сè се сведува на скалари и моделот е $y = \lambda\eta + \varepsilon$ од равенството (1.3), имаме $V(y) = \lambda^2\psi + \theta$. Дефинираме $\eta^* = a \cdot \eta$ така што $V(\eta^*) = a^2\psi = \psi^*$. Исто така, дефинираме $\lambda^* = \lambda/a$. Во тој случај:

$$y = \lambda^* \eta^* + \varepsilon = \frac{\lambda}{a} \cdot a\eta + \varepsilon \quad (1.4)$$

$$V(y) = \lambda^{*2} \psi^* + \theta = \frac{\lambda^2}{a^2} \cdot a^2\psi + \theta \quad (1.5)$$

што значи дека ако имаме модел со параметри λ^* и ψ^* , и модел со параметри λ и ψ , двата модела ќе бидат еднакво добри и нема да постои логичен начин да се одлучи кој е подобар. Всушност, тие ќе бидат комплетно еквивалентни. Изворот на оваа двосмисленост лежи во фактот дека η е прикриен и тоа е најмногу интервална скала. За понатамошна идентификација на моделот мора да поставиме интервал за тоа, процес кој се нарекува поставување негова метрика. Тоа може да го направиме на еден од два начина. Можеме да фиксираме едно оптоварување на фактор за константа, како 1.0. или можеме да ја фиксираме варијансата на секој фактор за 1.0. Враќајќи се на нашиот двофакторен пример, првиот метод ќе даде:

$$\Lambda = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \lambda_{21} & 0 \\ \lambda_{31} & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & \lambda_{52} \\ 0 & \lambda_{62} \end{bmatrix} \quad \text{и} \quad \Psi = \begin{bmatrix} \psi_{11} & - \\ \psi_{21} & \psi_{22} \end{bmatrix}$$

додека вториот пристап ќе даде:

$$\Lambda = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & 0 \\ \lambda_{21} & 0 \\ \lambda_{31} & 0 \\ 0 & \lambda_{42} \\ 0 & \lambda_{52} \\ 0 & \lambda_{62} \end{bmatrix} \quad \text{и} \quad \Psi = \begin{bmatrix} 1 & - \\ \psi_{21} & 1 \end{bmatrix}.$$

Овие два приоди се еквивалентни, постигнуваат исти χ^2 вредности, но првиот метод е малку поопшт, се применува во оние ситуации каде не може да се користи вториот метод. Првиот метод ја поврзува метриката на секој фактор со првата варијабла која се мери. Вториот метод ги претвара факторите во z -композиции, и факторот на коваријансната матрица Ψ може да биде интерпретирана како корелациона матрица. За двата методи, матрицата Θ има p слободни параметри.

1.4. Степени на слобода за моделот на потврдувачка факторска анализа

Факторската анализа не ги разгледува директно оригиналните податоци. Влезните податоци за оваа техника се елементите на примерокот коваријансна матрица S , која е $p \times p$ симетрична матрица. Затоа S содржи:

$\frac{p(p+1)}{2}$ „податочни поени“, каде има p варијанси и $p(p-1)/2$

единствени коваријанси. За нашиот пример со 6 варијабли ова ќе изнесува 21. Во нашиот модел, ако претпоставиме дека го користиме првиот метод за фиксирање метрика на двата фактори, имаме:

$4\lambda's$

$3\psi's$

$6\theta's$

13 параметри

Степените на слобода за моделот се еднакви на бројот на податоци минус бројот на единствени слободни параметри кои се проценети од овие податоци. Во нашиот случај имаме $21 - 13 = 8$ степени на слобода. Ќе можеме да го отфрлиме моделот (или не) користејќи χ^2 тест со 8 степени на слобода. Во однос на хипотезите, ќе тестираме:

$$H_0 : \Sigma = \Lambda\Psi\Lambda' + \Theta \quad (1.6)$$

против општата алтернатива

$$H_A : \Sigma = S \quad (1.7)$$

На некој начин овој пар хипотези е многу сличен на хипотезите со регресија. Сепак, тука имаме поинаква емоционална поврзаност со хипотезите. Во регресија, која опфаќа сè од основен t -тест преку покомплексни можности, ние сме мотивирани „да се надеваме за“ H_A и против H_0 . Овде, нашиот модел е H_0 , па во емоционална смисла, улогите од типот I и II грешките се инверзни. Вистината е дека моменталната ситуација, ако може така да се каже, е поприродна. Во

регресијата, хипотезите што ги тестираме се еден вид „празни“ во кои никој не верува и дека сме ги поставиле само да ги побиеме. Ќе зборуваме повеќе за „емоционален пресврт“ на H_0 и H_A подоцна кога ќе зборуваме за добро приспособување на мерењата (мерења различни од традиционалното χ^2). Но, прво треба да се разбере како ќе ги процениме параметрите на моделот и да дојдеме до χ^2 вредност за тестирање. Ќе ја користиме филозофијата на проценка, позната како *метод на максимална веродостојност*. Со цел да се разгледа тоа, ќе се навратиме на многу поедноставен регресионен модел. Тогаш ќе продолжиме понатаму и ќе ја разгледаме проценката за потврдувачка факторска анализа.

1.5. Оценувачи на максимална веродостојност за факторска анализа

Максимална веродостојност за факторска анализа започнува со веројатноста за набљудување i под моделот на потврдувачка факторска анализа. Овде имаме мултиваријантна нормална дистрибуција со p варијабли, не само една како што беше случајот во регресија. Имаме:

$$\Pr(\mathbf{y}_{i.}) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} |\Sigma|^{1/2}} \exp\left[-\frac{1}{2} \mathbf{y}'_i \Sigma^{-1} \mathbf{y}_i\right] \quad (1.8)$$

за p варијабли на i -то набљудување. За целиот примерок имаме:

$$\ell_0 = \prod_i^n \Pr(\mathbf{y}_i) = \frac{1}{(2\pi)^{np/2} |\Sigma|^{n/2}} \exp\left[-\frac{1}{2} \sum_i^n \mathbf{y}'_i \Sigma^{-1} \mathbf{y}_i\right]. \quad (1.9)$$

Собирањето во експонентите во горната равенка има смисла ако се има предвид дека $e^a \cdot e^b = e^{a+b}$. Сега, за да бидеме спремни за следната равенка:

$$\sum_i^n \mathbf{y}'_i \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{y}'_i = \text{tr}[n\mathbf{S}\boldsymbol{\Sigma}^{-1}] \quad (1.10)$$

бидејќи:

$$\sum_i^n \mathbf{y}'_i \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{y}'_i = \text{Tr} \left[\sum_i^n \mathbf{y}'_i \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{y}'_i \right] = \text{Tr} \sum_i^n \mathbf{y}_i \mathbf{y}'_i \boldsymbol{\Sigma}^{-1} = \text{Tr}[n\mathbf{S}\boldsymbol{\Sigma}^{-1}]$$

Ова е така бидејќи скалар е еднаков на неговата трага и трагата од производ е неменлива и не зависи од редоследот на множењето. Логаритмираме во (1.9) и заменуваме во идентитетот (1.10) за да добиеме:

$$\begin{aligned} \ln \ell_0 = L_0 &= -\frac{1}{2} n p \ln(2\pi) - \frac{1}{2} n \ln |\boldsymbol{\Sigma}| - \frac{1}{2} n \text{tr}(\mathbf{S}\boldsymbol{\Sigma}^{-1}) \\ &= \text{constant} - \frac{1}{2} n [\ln |\boldsymbol{\Sigma}| + \text{tr}(\mathbf{S}\boldsymbol{\Sigma}^{-1})]. \end{aligned} \quad (1.11)$$

Терминот „constant“ погоре претставува $-\frac{1}{2} n p \ln(2\pi)$ кое не влијае на оптималното решение на никој начин, бидејќи не зависи од параметрите па така нема да фигурира во изводот. Сега да претпоставиме дека ја разгледуваме веродостојноста на $H_A : \boldsymbol{\Sigma} = S$. Ќе го означиме веројатниот логаритам со L_A и ќе добиеме дека:

$$L_A = \text{constant} - \frac{1}{2} n [\ln |S| + p]. \quad (1.12)$$

Имаме два веројатни логаритми, еден L_0 што го одразува моделот на потврдувачка факторска анализа и друг што ни дава веројатен логаритам под општа алтернатива дека $\boldsymbol{\Sigma}$ не приложува одредена структура, односно произволен. Под многу општи услови, се добива:

$$-2 \ln \left[\frac{\ell_0}{\ell_A} \right] = -2[L_0 - L_A] \sim \chi^2(m) \quad (1.13)$$

каде m претставува разликата во број на параметри проценета со двата модела: нултиот (0) и алтернативниот (A). Како што веќе опишавме, алтернативниот модел проценува $\frac{p(p+1)}{2}$ параметри додека бројот на параметри во нултиот модел зависи од специфичната теорија изразена во матриците Λ , Ψ и Θ . Вклучувајќи ги равенките (1.11) и (1.12) во равенката (1.13), вредноста на χ^2 е:

$$\hat{\chi}^2 = n [\ln |\Sigma| - \ln |S| + \text{tr}(S\Sigma^{-1}) - p] \quad (1.14)$$

Како што може да се види, $\Sigma \rightarrow S$, $\hat{\chi}^2 \rightarrow 0$. Колку се поблиску Σ и S , толку ќе биде помала вредноста на χ^2 . Исто така $n \rightarrow \infty$, $\hat{\chi}^2 \rightarrow \infty$, и обратно, $n \rightarrow 0$, $\hat{\chi}^2 \rightarrow 0$. Ова значи дека сите работи се еднакви, така станува лесно да се отфрли H_0 ако примерокот е пообеман и станува потешко да се отфрли H_0 ако примерокот е помал. Така функционираат сите ефикасни статистички методи, но бидејќи имаме емотивна проврсаност кон H_0 наместо кон H_A , ова се чини дека има одредени последици за индивидуалните истражувачи.

Неопходно е да се изберат вредностите на непознатите во матриците Λ , Ψ и Θ за минималната вредност од равенката (1.14). Равенката (1.14) е очигледно нелинеарна во непознатите, па ова ќе резултира со нелинеарна оптимизација. За сега ќе кажеме дека секој компјутерски алгоритам кој наоѓа минимум во равенката (1.14) ќе користи изводи на таа функција за да утврди „кој е долниот правец“. Секој таков алгоритам ги бара рационалните почетни вредности да избегне локален наместо глобален минимум на функцијата. Затоа, за добивање најдобри резултати треба рачно да се внесат почетните вредности во програмата која се користи за проценка на потврдувачкиот факторски модел. Секако, под некакви околности, ќе бидете во можност да добиете знак за било кои оптоварувања на матрицата Λ . Дијагоналните елементи на Θ може да бидат започнати со мали позитивни вредности. Дијагоналните

елементи на Ψ е можно да потсетуваат на варијансите од мерите, додека недијагоналните елементи можат да бидат помали од дијагоналните и со соодветен знак. Секако, тоа е исто така важно дека сите фиксни елементи на матриците Λ , Ψ и Θ имаат соодветни почетни вредности, тие исто така завршуваат како крајни вредности!

1.6. Специјален случај: Еднофакторски модел

Земаме потврдувачки факторски модел со еден фактор:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \dots \\ \lambda_p \end{bmatrix} \eta + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \dots \\ \varepsilon_p \end{bmatrix} .$$

ако фиксираме $V(\eta) = \psi_{11} = 1$, изразот за коваријансната матрица е едноставно:

$$\Sigma = \lambda\lambda' + \Theta \quad (1.15)$$

и нашите мери y_1, y_2, \dots, y_p се нарекуваат *сродни тестови*. Во овој контекст една η се нарекува *вистински резултат*. Како што може да се претпостави, оваа терминологија доаѓа од областа на образовни и психолошки мерења. Ако понатаму го специјализираме моделот така што сите ламбди се еднакви, на пример:

$$\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_p = \lambda ,$$

го имаме моделот на τ -еквивалентни тестови. Сродни тестови имаат p , λ и p , θ , но τ -еквивалентните тестови имаат само една λ и p θ . Конечно, моделот на *паралелни тестови* вклучува дополнителни ограничувања кои:

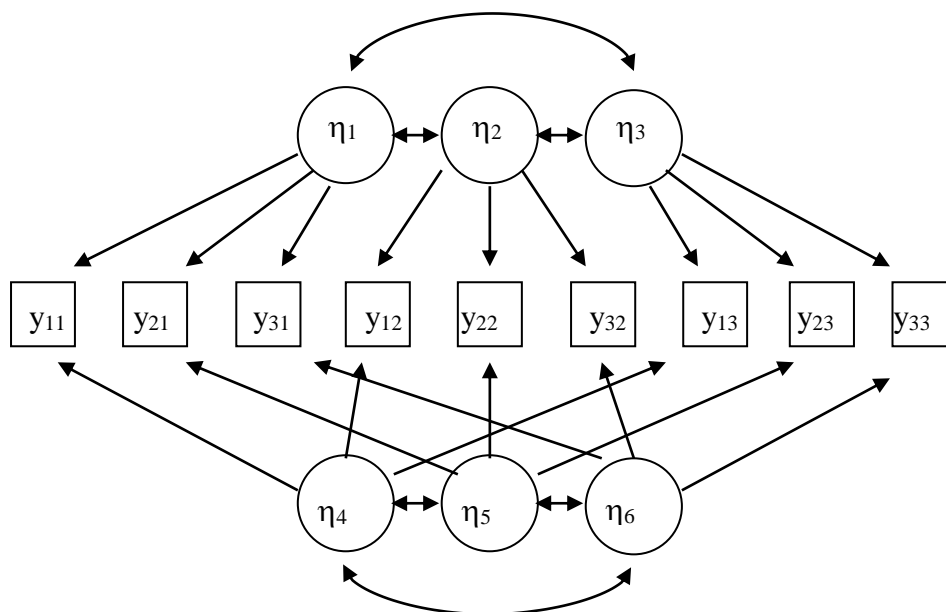
$$\theta_{11} = \theta_{22} = \dots = \theta_{pp} = \theta .$$

Сродните тестовите вклучуваат $2p$ слободни параметри да се проценат од примерокот коваријанси, τ - еквивалентни тестови имаат $p+1$ параметри, а паралелни тестови имаат само 2 непознати параметри. Така моделот на паралелни тестови прави многу силна претпоставка за структурата на коваријансната матрица користејќи само 2 параметри. Имајќи само 2 параметри значи дека моделот има поголем број степени на слобода отколку τ - еквивалентниот и посебно сродни тестови. Степените на слобода на моделот претставуваат ограничувања кои мора да бидат исполнети во коваријансната матрица. Како такви, паралелните тестови имаат многу повеќе ограничувања на коваријансната матрица како што е прикажано подолу:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \lambda \\ \lambda \\ \dots \\ \lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda & \lambda & \dots & \lambda \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \theta & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \theta & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \theta \end{bmatrix} .$$

1.7. Мултиособина, модел на мултиметод

Понекогаш имаме можност да измериме група на карактеристики со користење на заедничка група на методи. На пример, би можеле да го измериме односот на потрошувачот кон група на производи со повторување на истите да се измери секој продукт. Со три особини (продукти) и три методи (предмети) би имале пат - дијаграм прикажан на Слика 1.2. Забележуваме дека за да се упрости вака комплицираниот дијаграм, единствените фактори биле отстранети, како означени на стрелките.



Слика 1.2 Пат - дијаграм со три особини и три предмети
 Figure 1.2 Path diagram with three properties and three objects

и тогаш моделот ќе се појави како:

$$\begin{bmatrix} y_{11} \\ y_{21} \\ y_{31} \\ y_{12} \\ y_{22} \\ y_{32} \\ y_{13} \\ y_{23} \\ y_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & 0 & 0 & \lambda_{14} & 0 & 0 \\ \lambda_{21} & 0 & 0 & 0 & \lambda_{25} & 0 \\ \lambda_{31} & 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_{36} \\ 0 & \lambda_{42} & 0 & \lambda_{44} & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_{52} & 0 & 0 & \lambda_{55} & 0 \\ 0 & \lambda_{62} & 0 & 0 & 0 & \lambda_{66} \\ 0 & 0 & \lambda_{73} & \lambda_{74} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_{83} & 0 & \lambda_{85} & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_{93} & 0 & 0 & \lambda_{96} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \\ \eta_4 \\ \eta_5 \\ \eta_6 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{21} \\ \varepsilon_{31} \\ \varepsilon_{12} \\ \varepsilon_{22} \\ \varepsilon_{32} \\ \varepsilon_{13} \\ \varepsilon_{23} \\ \varepsilon_{33} \end{bmatrix}$$

каде η_1, η_2 и η_3 се особина фактори и η_4, η_5 и η_6 се метод - фактори. Да се заврши специфицирањето на моделот, забележуваме дека $V(\varepsilon) = \text{Diag}(\theta_{11}, \theta_{22}, \dots, \theta_{99})$, што значи дека девет единствени елементи на Θ се наредени на неговата дијагонала и дека:

$$V(\eta) = \Psi = \begin{bmatrix} 1 & & & & & \\ \alpha_{21} & 1 & & & & \\ \alpha_{31} & \alpha_{32} & 1 & & & \\ 0 & 0 & 0 & 1 & & \\ 0 & 0 & 0 & \beta_{21} & 1 & \\ 0 & 0 & 0 & \beta_{31} & \beta_{32} & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \alpha & - \\ 0 & \beta \end{bmatrix}$$

Делот од три по три нули во Ψ е празно бидејќи особина и метод - факторите според претпоставката се независни, исто така претпоставуваме дека ќе ги тестираме кога ќе го разгледаме χ^2 за моделот. Забележуваме дека ги повикуваме корелациите меѓу особина факторот α и корелациите меѓу метод - факторот β . Ова се разбира не менува ништо. Ова е само модел на потврдувачка факторска анализа во кој одредени вредности во матрицата Ψ играат различни улоги од другите вредности.

1.8. Проверка на катактеристиките (квантитативни и квалитативни) на моделот

Со доволно голем примерок, статистички може да се отфрлат дури и релативно добри модели. Спротивно на тоа, кај мали примероци возможно е да не се отфрлат моделите кои се прилично неточни. Со оглед на тоа, Bentler и Bonet (1980) предложиле воедно со споредувањето на H_0 и H_A , дека треба да воведеме вистинска нулта хипотеза. Ќе ја означиме оваа последна хипотеза со H_S за „празна“ хипотеза. Поточно имаме:

$$H_A : \Sigma = S$$

$$H_0 : \Sigma = \Lambda \Psi \Lambda' + \Theta$$

$$H_s : \Sigma = \Psi \quad (\text{со } \Psi \text{ дијагонална})$$

За празната хипотеза, H_s , имаме дополнително ограничување H_0 таква што $\Lambda = I$, $\Theta = 0$ и Ψ е дијагонална. Имаме три хипотези. За хипотезата j , со степени на слобода df_j , дефинираме:

$$Q_j = \frac{\hat{\chi}^2}{df_j}$$

и тогаш дефинираме

$$\rho_{s0} = \frac{Q_s - Q_0}{Q_s - 1} \quad (1.16)$$

како едно од можните мерења

$$\Delta_{s0} = \frac{\hat{\chi}_s^2 - \hat{\chi}_0^2}{\hat{\chi}_s^2} \quad (1.17)$$

како уште една мерка за тоа колку е добра приспособеноста. Овој подоцен индекс, Δ_{s0} , каде индексот s и 0 го потенцира фактот дека сме ги споредувале хипотезата s и 0 , го претставува процентуалното подобрување во $\hat{\chi}^2$ од хипотезата s до хипотезата 0 . Вредноста $1 - \Delta_{s0}$ ни го дава останатото подобрување што е можно за H_A .

Joreskög предложил едноставен индекс означен како GFI кој се состои од:

$$GFI = 1 - \frac{tr[\Sigma^{-1}\mathbf{S} - \mathbf{I}]^2}{tr(\Sigma^{-1}\mathbf{S})}$$

и приспособената верзија:

$$AGFI = 1 - \frac{p(p+1)}{2 \cdot df_0} (1 - GFI)$$

Треба да споменеме, дека постои традиционална мерка за приспособување на било кој вид на модел, квадратен корен-просек-

квадратна грешка, или $RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^i (s_{ij} - \sigma_{ij})^2}{p(p+1)/2}}$.

Треба да се забележи дека двојниот збир оператори во броителот поминуваат низ секој од единствените елементи во коваријансната матрица. RMS ни дава просек на грешки за елементите на Σ во споредба со S .

Можеме, исто така, да го видиме недостатокот на приспособување за секој индивидуален фиксен параметар. Секако, кој било слободен параметар проценет од примерокот коваријансна матрица S не придонесува за недостатокот на приспособување да се вклопи. Тоа се фиксни параметри, генерално θ во Λ , Ψ и Θ кои се тествани во H_0 и тоа се оние елементи кои овозможуваат моделот да не се приспособи. Со оглед на тоа што собирањето на слободни параметри на таков начин што изводот на χ^2 во однос на тие параметри е 0 , или претпоставувајќи дека сите наши слободни параметри се во векторот α' , сме решиле за слободните параметри кога:

$$\frac{\partial \hat{\chi}^2}{\partial \alpha'} = \mathbf{0}'$$

бидејќи кога изводите се нула, χ^2 е минимизиран. Но, ова предлага начин да ги оцениме фиксните параметри. За кој било фиксен параметар, како π , генерално:

$$\frac{\partial \hat{\chi}^2}{\partial \pi} \neq 0$$

Овие први изводи обезбедуваат индикација за кој параметар може да се промени од фиксен во слободен за максимална корист на $\hat{\chi}^2$. Се што останува е дека правиме размер на првиот извод со вториот и го нарекуваме модификационен индекс или MI :

$$MI = \frac{\frac{n}{2} \left(\frac{\partial \hat{\chi}^2}{\partial \pi} \right)^2}{\frac{\partial (\hat{\chi}^2)^2}{\partial \pi \partial \pi}}.$$

2. ПРЕЛИМИНАРНА ФАКТОРСКА АНАЛИЗА

Во овој дел ќе се запознаеме со мултиваријационата статистичка техника, прелиминарна факторска анализа. Ќе ја согледаме разликата меѓу неа и потврдувачката факторска анализа, како и согледувањето дека прелиминарната е посебен случај на потврдувачката. Исто така ќе се даде математичко објаснување за факторската екстракција, каде ќе бидат разгледани методите на истата, како што е ротација на фактори и дијагонална ротација. [17]

2.1. Од историјата на факторската анализа

Техниките на прелиминарна факторска анализа едноставно ни се познати како факторска анализа, но кога била откриена потврдувачката факторска анализа, зборот прелиминарна бил додаден за да се разликуваат двата типа факторски анализи. Овде накратко ќе го разгледаме основниот модел на факторска анализа. Разликата меѓу прелиминарна и потврдувачка факторска анализа е делумно стилска. Примарно, во прелиминарната анализа традиционално се користи корелациона матрица наместо коваријансна матрица. Во тој случај, моделот наведува дека:

$$\begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \dots \\ z_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \dots & \lambda_{1m} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \dots & \lambda_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \lambda_{p1} & \lambda_{p2} & \dots & \lambda_{pm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \dots \\ \eta_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \dots \\ \varepsilon_m \end{bmatrix}$$

$$z = \Lambda \eta + \varepsilon \quad (2.1)$$

Лесно покажуваме дека:

$$\begin{aligned} \hat{R} &= E[(\Lambda \eta + \varepsilon)(\Lambda \eta + \varepsilon)'] \\ &= \Lambda E(\eta \eta') \Lambda' + \Lambda E(\eta \varepsilon') + E(\varepsilon \eta') \Lambda' + E(\varepsilon \varepsilon'). \end{aligned}$$

Дефинирајќи $E(\eta\eta') = V(\eta) = \Psi$, $E(\varepsilon\varepsilon') = V(\varepsilon) = \Theta$ и знаејќи дека единствениот фактор вектор ε е независен од заедничките фактори во векторот η , може да заклучиме дека:

$$\hat{R} = \Lambda\Psi\Lambda' + \Theta \quad (2.2)$$

Така присуство на немерливи варијабли може да биде откриено од страна на одредена структура во набљудуваната корелациона матрица. Постојат различни начини на откривање на структурата прикажана во равенството (2.2), многу од нив биле измислени долго пред компјутерите. Генерално, постојат два чекори за тоа. Во првиот чекор, факторите се екстрахирани, но на произволен начин каде регресионите тежини Λ не се интерпретираат. Во вториот чекор, факторите се ротираат во ориентација која е повеќе интерпретирана и е во согласност со теоретските објаснувања. Сето тоа е во контраст со потврдувачкиот пристап, каде поставување хипотеза е одредено порамнување на податоците со почетокот и тестирање на предложениот модел. Еден од постарите начини и сè уште познат метод за екстрахирање на фактори се нарекува “Основни Фактори”. Ќе ја започнеме дискусијата со таа техника.

2.2. Основни фактори, факторска екстракција

Ќе започнеме со поедноставување на претпоставката дека необсервираните фактори се z-резултати и се исто така коваријансни. Во тој случај $\Psi = I$ и моделот во равенството (2.2) се поедноставува до:

$$\hat{R} = \Lambda\Lambda' + \Theta$$

Делот од корелационата матрица поради заедничките вектори е R^* , даден е со:

$$\hat{R}^* = \Lambda\Lambda' \quad (2.3)$$

Дијагоналните елементи на \hat{R} и \hat{R}^* се идентични бидејќи Θ е дијагонална. Матрицата Θ бидејќи е коваријансна матрица на единствени фактори мора да биде дијагонална и „единствена“ после сè, опишува множество од независни фактори. \hat{R} и \hat{R}^* се разликуваат во дијагоналата. R има единици по дијагоналата, R^* има пропорција на варијансата на секоја варијабла што има заедничко со групите варијабли. Оваа пропорција е позната како комуналитет на варијаблата. R^* се појавува како:

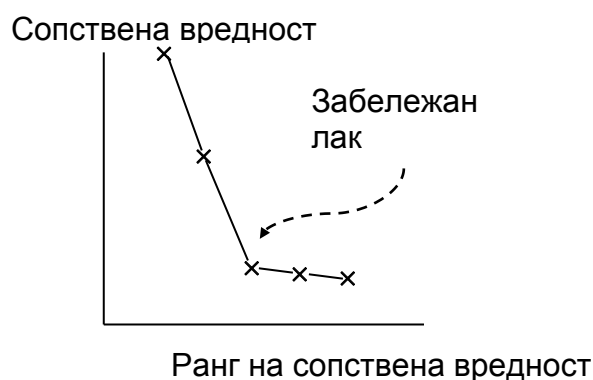
$$R^* = \begin{bmatrix} h_1^2 & r_{12} & \cdots & r_{1p} \\ r_{21} & h_2^2 & \cdots & r_{2p} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \cdots & h_p^2 \end{bmatrix}$$

h_i^2 е комуналитетот на варијаблата i . Целта на Основните Фактори е да ги екстрахира факторите од R^* на тој начин да ја објасни максималната вредност на варијансата. Екстрахирањето на максималната вредност од варијансата е исто така целта на сопствената структурата. Основните Фактори е техника која ја користи сопствената структурата на R^* матрицата. Пред да продолжиме, треба да кажеме за тоа кои се вредностите на h_i^2 и за бројот на фактори.

Ако знаеме колку фактори има, би можеле да естрахираме толку сопствени вредности и сопствени вектори од R , да го репродуцираме \hat{R} користејќи ги сопствените вредности и сопствените вектори, а потоа да ја провериме дијагоналата на оваа добиена корелациона матрица. Спротивно на тоа, ако знаевме какви беа комуналитетите, ќе го пресметавме бројот на фактори бидејќи доколку рангот на \hat{R} е p , рангот на \hat{R}^* зависи од m , бројот на фактори е како што е прикажано во равенството (2.3). \hat{R}^* е надворешен производ со ранг не поголем од

бројот на колони на Λ . Затоа, бројот на ненулни сопствени вредности на \hat{R}^* ни го кажува точниот број на фактори. Значи кој доаѓа прв: кокошката во форма на вредности на h_i^2 , или јајцето во форма на број на фактори?

Иако ова се нарекува прелиминарна факторска анализа, ќе започнеме со некој поим m , број на фактори. Овој поим може да дојде од потполната теорија или како образовно погодување. Друг традиционален метод е да се избере бројот на фактори базиран на бројот на сопствената вредност > 1 . Логиката тука е дека сопствената вредност ја претставува варијансата на факторот, ако факторот не објаснува ниту една од разгледуваните варијабли, тогаш не придонесува. Друг начин е да се користи Скри - графикот.



Слика 2.1 Скри - график
Figure 2.1 Scree graph

Од скри - графикот (Слика 2.1), собираме $m=3$ и естрахирани 3 сопствени вредности. Третата претставува точка на флексија, после која нема многу промена. Дури и да започнеме со одреден број на фактори, добро е да се започне со добра проценка на комуналитетите. Го користиме фактот дека долните граници врзани за комуналитетот за одредена варијабла е квадратана мултиплицирана корелација, R^2 кога таа варијабла е регресирани со сите други варијабли. Така ја имаме релацијата:

$$R_j^2 \leq h_j^2 \leq 1 \quad (2.4)$$

каде R_j^2 е R^2 вредноста за варијабла j , избрана како зависна варијабла од сите други варијабли користени како независни варијабли. Едноставна формула за пресметување на ова е:

$$R_j^2 = 1 - \frac{1}{r^{jj}} \quad (2.5)$$

каде r^{jj} е j -тиот дијагонален елемент на R^{-1} , инверзната на корелационата матрица на сите варијабли.

Ќе ги разгледаме чекорите на алгоритмот познат како “Основни Фактори”. Ќе започнеме со обсервираната корелациона матрица, R . Според равенството (2.4), може да ја користиме или долната граница за комуналитетот, Квадратната Мулти Корелација, или горната граница, еднаквоста. Во секој случај ќе најдеме сопствена структура на R^* , и тогаш се репродуцира таа матрица со користење само на m најголеми сопствени вредности и нивните соодветни сопствени вектори.

$$\hat{R}^* = XLX'$$

Овде колоните на матрицата X содржат сопствени вектори додека дијагоналните елементи на L содржат сопствени вредности. Сега треба да дефинираме:

$$\Lambda = XL^{1/2}$$

каде квадратен корен на матрицата, $L^{1/2}$ е единствено идентификуван бидејќи L е дијагонална матрица која содржи сопствени вредности на дијагонала и нули секаде на другите места. Според дефиницијата на дијагонална функција на квадратна матрица, со одземање може да заклучиме дека:

$$\Theta = I - \text{Diag}(\hat{R}^*).$$

Понекогаш Основните Фактори се реализира со користење на следните чекори:

Чекор 0. Најди m најголеми корени на R .

Пресметај $\hat{R} = (XL^{1/2})(XL^{1/2})' = \Lambda\Lambda'$.

Чекор 1. $R^* = R - \left[I - \text{diag}(\hat{R}) \right]$.

Чекор 2. Најди m најголеми корени на R^* , пресметај повторно $\hat{R} = (XL^{1/2})(XL^{1/2})' = \Lambda\Lambda'$. Ако \hat{R} не се менува од итерација на итерација, застани. Во друг случај оди на чекор 1.

Во чекор 0 можеме да започнеме со единици по дијагоналата на R и процесот ќе конвергира надолу до h_j^2 , или ќе започнете со квадратна мултиплицирана корелација и да конвергира нагоре.

2.3. Прелиминарна факторска анализа како посебен случај на потврдувачка

Пред да биде откриен методот на максимална веродостојност за факторската анализа од Lawley (сумирани во Lawley и Maxwell 1963), факторската анализа постоела како чиста дескриптивна техника. Сега знаеме дека прелиминарната факторска анализа е специјален случај на потврдувачки модел. За имплементирање на специјалниот случај, фиксираме апсолутен минимален број на параметри што мора да бидат фиксирани за идентификација на m -фактор модел, m^2 . Овие треба да бидат распоредени во Λ и Ψ матрици на одреден начин. Ако поставиме $\Psi = I$ фиксира $\frac{m(m+1)}{2}$ параметри оставајќи:

$$m^2 - \frac{m(m+1)}{2} = \frac{2m^2}{2} - \frac{m^2 + m}{2} \quad (2.6)$$

$$= \frac{m(m-1)}{2}$$

ограничувања. Ако немате хипотеза, освен хипотезата во однос на број на фактори, m , овие ограничувања може произволно да се стават во Λ со колона i земајќи $i-1$ нули на врвот. На пример, со $m=3$ фактори имаме $V(\eta) = \Psi = I$ што наметнува $\frac{3(3+1)}{2} = 6$ рестрикции. Потребни се $\frac{3(3-1)}{2} = 3$ повеќе рестрикции за да станат $m^2 = 9$ сите заедно. Во тој случај можеме произволно да создадеме Λ како:

$$\Lambda = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & 0 & 0 \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & 0 \\ \lambda_{31} & \lambda_{32} & \lambda_{33} \\ \dots & \dots & \dots \\ \lambda_{p1} & \lambda_{p2} & \lambda_{p3} \end{bmatrix}$$

$\hat{\chi}^2$ ја тестира нултата хипотеза каде Σ произлегува од 3 фактори наспроти алтернативата дека Σ е арбитрарен, или произлегува од толку фактори колку што варијабли, p . Откако димензионалноста е статистички одредена, ротацијата може да генерира хипотези (за подоцно потврдување) во врска со природата на димензиите. Ако има повеќе од m^2 фиксни константи ротацијата е невозможна и тоа значи дека факторскиот простор е ограничен.

2.4. Други методи на факторско екстрахирање

Во прилог на методот на максимална веродостојност за факторска анализа, имаме пристап кој се нарекува MINRES кој има за цел да го

минимизира остатокот или разликата помеѓу предвидените корелации во \hat{R} и актуелните корелации во R . Вистинската функција тогаш е:

$$f = \sum_{j=2}^p \sum_{k=1}^j \left(r_{jk} - \sum_{l=1}^m \lambda_{jl} \lambda_{kl} \right)^2 \quad (2.7)$$

Забележуваме дека компонентата $\sum_{l=1}^m \lambda_{jl} \lambda_{kl}$ е скаларна верзија на внатрешниот производ на j -тата и k -тата редица во Λ , бидејќи тоа ќе бидат оние две редици кои се користат за создавање на елементот r_{jk} во равенството (2.3).

Канонско факторизирање драстично ја зголемува каноничната корелација помеѓу факторите и варијаблите доколку *Сликовното факторизирање* и *Алфа факторизирањето* се базирани на идејата дека предмети што мерат одреден фактор се земени од популација на предмети кои би можело да бидат изберени. Овие техники се дискутирани во Harman (1976).

2.5. Ротација на фактори

Откако факторите се екстрахирани, без разлика дали е со методот на максимална веродостојност за Факторска анализа, методот “Основни фактори” или некоја друга техника, возможно е да се ротираат фактор - оските на позиција на највисока можна теоретска вредност. Дека е ова можно лесно може да се докаже истакнувајќи дека екстракцијата на факторите базирана на равенството (2.3) е во суштина произволно. Ако I дефинира ортонормална матрица C , така што $CC' = I$, I секогаш може да создаде ново полнење на матрицата, означено као $\tilde{\Lambda}$, дадено со:

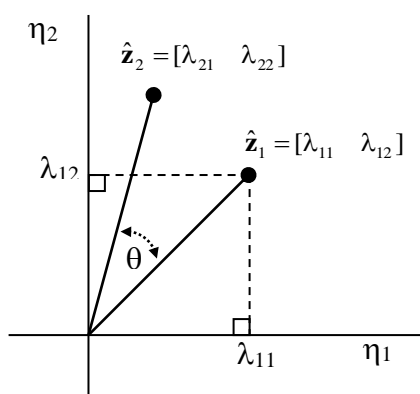
$$\tilde{\Lambda} = \Lambda C$$

така што

$$R^* = \tilde{\Lambda} \tilde{\Lambda}' + \Theta$$

$$= \Lambda C C' \Lambda + \Theta$$

што секако ја создава оригиналната равенка (2.3). Ортонормална матрица како C наметнува крута ротација на оските што ги остава аглите и растојанијата меѓу точките непроменети. Геометриски ситуацијата може да изгледа како Слика 2.2 што прикажува две варијабли дефинирани во простор со два фактори.

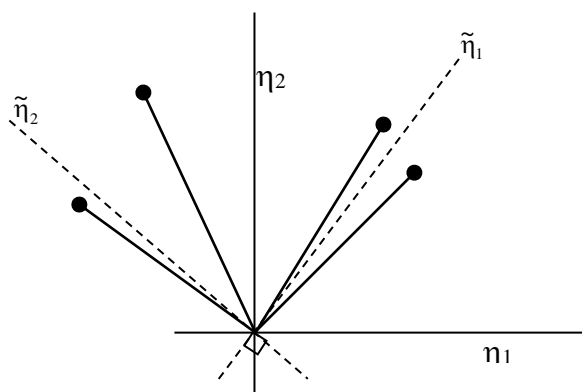


Слика 2.2 Приказ на две варијабли во простор со два фактори
Figure 2.2 Display of two variables in a space with two factors

На Слика 2.2, должината на векторот \hat{z}_j што одговара на (предвидена) варијабла j е $\sqrt{\hat{z}_j' \hat{z}_j} = \sqrt{\sum_k \lambda_{jk}^2} = \sqrt{h_j^2}$. Нашите фактори се на прави агли, што кажува дека се коваријансни. Во тој момент, претпоставуваме дека ги имаме екстрахирано овие два фактори со користење на “Основни Фактори”, позицијата на оските е во произволна ориентација на максимална варијанса. Оптоварувањата се сега координатите на варијаблите на оските формирани од факторите. Предвидената корелација помеѓу две варијабли е:

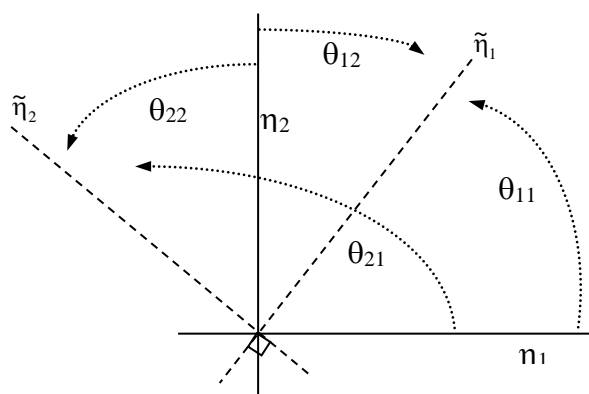
$$\hat{r}_{12} = \sqrt{h_1^2} \sqrt{h_2^2} \cos \theta \tag{2.8}$$

На следната Слика 2.3, се комплицираат работите со тоа што имаме четири варијабли.



Слика 2.3 Приказ на четири варијабли
Figure 2.3 Display of four variables

Сите варијабли се вчитани на сите оригинални оски η_1 и η_2 . Сепак, оптоварувањата или координатите на новите оски, $\tilde{\eta}_1$ и $\tilde{\eta}_2$ ќе бидат различни. Две од варијаблите имаат силно оптоварување на $\tilde{\eta}_1$ додека другите две на $\tilde{\eta}_2$. Оптоварувањето на пресекот ќе биде минимално, што создава многу поедноставна матрица Λ во која интерпретацијата на η ќе биде олеснета. Со цел да се ротираат оригиналните оски на нови позиции, ни треба малку тригонометрија. Подолу ги имаме означено сите агли помеѓу секоја од оригиналните оски и секоја од новите оски:



Слика 2.4 Приказ на агли помеѓу оригиналните и новите оски
Figure 2.4 Display of the angles between the original and the new axis

Може да создадеме ортонормална ротациона матрица C таква што:

$$C = \begin{bmatrix} \cos\theta_{11} & \cos\theta_{12} \\ \cos\theta_{21} & \cos\theta_{22} \end{bmatrix}$$

Иако θ_{12} е „обратна“, бидејќи $\cos\theta = \cos(360^\circ - \theta)$, тоа доаѓа од истото. Забележуваме дека првиот индекс се однесува на новата оска, а вториот на старата. Ова се однесува на простор со произволна димензија. Потребно е да го избереме аголот на ротација, како и да најдеме добра ориентација на оски со варијабли. Она што го разгледуваме се нарекува *едноставна структура*. Оваа е идејата на Thurstone [сумирана во Thurstone (1935)] која доаѓа со три принципи:

1. Секоја редица од Λ треба да има најмалку една нула.
2. Секоја колона од Λ треба да има најмалку m нули.
3. Секој пар колони од Λ треба да има најмалку m варијабли со нули во една колона, но не и во друга.

Најпознатата имплементација на ротација на едноставна структура е Kaiser-овата *Varimax процедура* која ја максимизира варијансата на квадратните оптоварувања во секоја колона. Оригиналната формула, понекогаш се нарекува непроменета Varimax, а тоа е да се избере ротација која ја максимизира варијансата на квадратното оптоварување на секоја j -та колона од Λ .

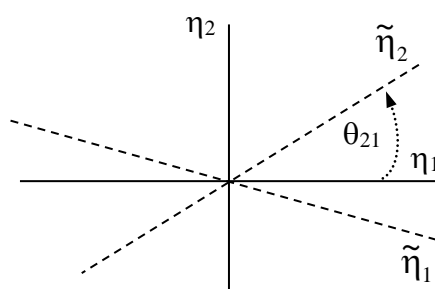
$$\left[\sum_i^p (\lambda_{ij}^2)^2 - \frac{\left(\sum_i^p \lambda_{ij}^2 \right)^2}{p} \right] \frac{1}{p} \quad (2.9)$$

Формулата често се користи денес, го мери секој фактор од инверзниот на неговиот целосен комуналитет, но концептуално ја следи горната формула. Други пристапи се: максимизирање на варијансата во

секоја редица (*Quartimax*), или равенство помеѓу редици и колони (*Equimax*).

2.6. Дијагонална ротација

Се разбира ништо не може да ни гарантира дека факторите кои ќе ги разгледуваме во пракса ќе бидат ортогонални. Разгледуваме ротација како на Слика 2.5



Слика 2.5 Приказ на ротација
Figure 2.5 Display of rotation

ја користиме трансформационата матрица

$$C = \begin{bmatrix} \cos\theta_{11} & \cos\theta_{12} & \cdots & \cos\theta_{1m} \\ \cos\theta_{21} & \cos\theta_{22} & \cdots & \cos\theta_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cos\theta_{m1} & \cos\theta_{m2} & \cdots & \cos\theta_{mm} \end{bmatrix}$$

која ќе ги замени старите оски со нови. Забележуваме дека во тој случај $CC' \neq I$. Елементите на C се косинуси, а сумата на накрсно помножени насочени косинуси го дава косинусот на аголот помеѓу двата вектори според равенката (2.8), а тоа е исто како корелација. За корелацијата помеѓу новите фактори имаме:

$$\tilde{\Psi} = CC' \quad (2.10)$$

Новите оптоварувања во $\tilde{\Lambda}$, можат да се добијат од фактот дека:

$$\hat{R} = \Lambda \Lambda' + \Theta$$

ова исто така мора да биде случај кога:

$$R = \tilde{\Lambda} C C' \tilde{\Lambda}' + \Theta$$

тоа очигледно подразбира дека $\Lambda = \tilde{\Lambda} C$ што имплицира понатаму дека $C^{-1} \Lambda = \tilde{\Lambda}$. Кога факторите се ортогонални и имаме две стандардизирани варијабли и факторите да бидат z -резултати, оптоварувањата на матрицата Λ можат исто така да се интерпретираат како корелација помеѓу варијаблите и факторите. Кога имаме неортогонални фактори, ова не е случај. Можеме, секако, да ги пресметаме овие корелации, познати како факторска структура со користење на:

$$S = \tilde{\Lambda} \Psi \tag{2.11}$$

Постојат голем број на аналитички техники кои се на располагање за извршување на дијагонална ротација вклучувајќи ги *Oblimax*, *Quartimin*, *Oblimin* и *Promax*.

3. МОДЕЛ НА СТРУКТУРНИ РАВЕНКИ

Во овој дел ќе биде даден теоретски приказ на моделот на структурни равенки (SEM). Ќе го дефинираме основниот модел. Ќе разгледаме едноставен пример со четири варијабли, потоа сите y -модел и смислата на овие зависни модели. Понатаму, ќе ја разгледаме регресијата како модел на структурни равенки, рекурзивен и нерекурзивен модел, модел на структурни равенки со латентни варијабли, втор ред факторска анализа, како и модели со структурно значење. [45]

3.1. Основен модел на структурни равенки

Овде ќе бидат разгледани модели каде темата е причина и последица. За разлика од регресија, овие модели се експлицитно формулирани како причински модели, а не само предвидливи модели. Ќе користиме нотација во која вектор-колона y содржи p зависни варијабли. Векторот y претставуваа произволно избрано набљудување од популацијата. Слично ќе го претставиме векторот x , $q \times 1$ вектор-колона. Во терминологијата на SEM (моделирање со структурни равенки), y содржи ендогени варијабли, а x содржи егзогени варијабли. **Ендогена варијабла** е онаа варијабла која се појавува најмалку еднаш како зависна варијабла во равенката. Од друга страна, променливи кои не се појавуваат на левата страна се егзогени или „дадени“. Со други зборови, сите варијанси и коваријанси помеѓу егзогените варијабли се утврдени надвор од системот. Тие не се во прашање. Варијансите и коваријансите на ендогените варијабли се моделирани како функција од егзогените променливи .

Основниот модел изгледа вака:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \beta_{12} & \dots & \beta_{1p} \\ \beta_{21} & 0 & \dots & \beta_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \beta_{p1} & \beta_{p2} & \dots & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_p \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \dots & \gamma_{1q} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \dots & \gamma_{2q} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \gamma_{p1} & \gamma_{p2} & \dots & \gamma_{pq} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \zeta_1 \\ \zeta_2 \\ \dots \\ \zeta_p \end{bmatrix}$$

ОДНОСНО

$$y = By + \Gamma x + \zeta \quad (3.1)$$

$$\text{каде } B = \begin{bmatrix} 0 & \beta_{12} & \dots & \beta_{1p} \\ \beta_{21} & 0 & \dots & \beta_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \beta_{p1} & \beta_{p2} & \dots & 0 \end{bmatrix}, \Gamma = \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \dots & \gamma_{1q} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \dots & \gamma_{2q} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \gamma_{p1} & \gamma_{p2} & \dots & \gamma_{pq} \end{bmatrix}, \zeta = \begin{bmatrix} \zeta_1 \\ \zeta_2 \\ \dots \\ \zeta_p \end{bmatrix}$$

Имаме p симултани равенки. Каде што за секоја од причинско-последичните параметри, индексите на γ и β го следат истиот модел. Првиот индекс се однесува на равенката, y променливата, која е ефектот. Вториот индекс се однесува на причината.

$[B]_{p \times p}$ матрицата ги содржи коефициентите на регресија на y варијаблите на други y променливи со нули на дијагоналата, што имплицира дека променливата не може да биде причина. $[\Gamma]_{p \times q}$ матрицата ги содржи коефициентите на y за x . Векторот на грешка ζ , е од ред $p \times 1$. Овие грешки се различни од грешките во факторската анализа, тие претставуваат грешки во равенките, според начинот на кој овие равенки се специфицирани. Тие се нарекуваат грешки на спецификација.

Со цел да се дојде до точка каде што може да се процени моделот, треба да додадеме некакви претпоставки. За да започнеме доволно е да претпоставиме дека, $E(y) = 0$ и $E(x) = 0$, E -математичко очекување, што нема апсолутно никакво влијание врз варијансите или коваријансите на овие променливи. Претпоставуваме дека дека векторите x и ζ се независни,

$$\text{Cov}(x, \zeta) = 0 \quad (3.2)$$

кој покажува дека коваријансите помеѓу x и ζ се состојат од $q \times p$ матрица од нули. Исто така треба да се претпостави дека детерминантата

$$|I - B| \neq 0 \quad (3.3)$$

Да дефинираме

$$V(x) = E(xx') = \Phi \quad \text{и} \quad (3.4)$$

$$V(\zeta) = E(\zeta\zeta') = \Psi \quad (3.5)$$

Доаѓаме до редуцирана форма, која бара да се реши векторот y прикажан подолу:

$$y = By + \Gamma x + \zeta$$

$$y - By = \Gamma x + \zeta$$

$$(I - B)y = \Gamma x + \zeta$$

$$y = (I - B)^{-1}\Gamma x + (I - B)^{-1}\zeta$$

$$y = Gx + e \quad (3.6)$$

Матриците $G = (I - B)^{-1}\Gamma$ и $e = (I - B)^{-1}\zeta$ дефинираат само практичност, но G го потенцира фактот дека можеме со алгебра да преминеме од структурните параметри во B и Γ на класичните регресиони параметри. Се разбира, тоа не докажува дека можеме да одиме во спротивен правец!

$$\begin{aligned} \Sigma &= E(yy') = E[(Gx + e)(Gx + e)'] \\ &= E(Gxx'G') + E(Gxe') + E(ex'G') + E(ee'). \end{aligned} \quad (3.7)$$

Втората и третата компонента исчезнаа. За да се види тоа, ја разгледуваме втората компонента дадена со:

$$E(Gxe') = E\left\{Gx[(I - B')^{-1}\zeta]'\right\}$$

која, со користење на фактот дека транспонирана од инверзна матрица е инверзната од транспонираната и донесувањето на константи во G и $(I - B)^{-1}$ преку очекуваниот оператор е еквивалентно на:

$$E(Gxe') = GE(x\zeta')(I - B)^{-1}.$$

Овде се забележува дека $E(x\zeta')$ која се појавува погоре е друг начин да се изрази $Cov(x, \zeta)$, и дека коваријансата мора да биде нула од претходната претпоставка. Третата компонента е само транспонирана од втората. Откажувањето на втората и третата компонента во равенството (3.7) значи дека се добива следниот израз за Σ ,

$$E(yu') = GE(xx')G' + E(ee') \quad (3.8)$$

За да го појасниме подобро последното равенство мора да се навратиме на претходно дефинираните $V(x) = E(xx') = \Phi$ и $V(\zeta) = E(\zeta\zeta') = \Psi$, од каде:

$$\begin{aligned} E(yu') &= (I - B)^{-1}\Gamma\Phi\Gamma'(I - B')^{-1} + (I - B)^{-1}\Psi(I - B')^{-1} \\ &= (I - B)^{-1}[\Gamma\Phi\Gamma' + \Psi](I - B')^{-1}. \end{aligned}$$

Коваријансата помеѓу x и y би била:

$$\begin{aligned}
 E(xy') &= E[x(Gx + e)'] \\
 &= E[xx'G' + xe'] \\
 &= E(xx')G' + E(x\zeta')(I - B')^{-1} \\
 &= \Phi G' + 0 = \Phi \Gamma' (I - B')^{-1}.
 \end{aligned}$$

Нултата матрица се појавува бидејќи претходно претпоставивме дека $E(x\zeta') = 0$ (во равенството 3.2) односно променливите x не се корелирани со грешките во равенките. Од сето тоа добиваме:

$$\begin{aligned}
 \Sigma &= \left[\begin{array}{c|c} \Sigma_{yy} & - \\ \hline \Sigma_{xy} & \Sigma_{xx} \end{array} \right] \\
 &= \left[\begin{array}{c|c} (I - B)^{-1}[\Gamma\Phi\Gamma' + \Psi](I - B')^{-1} & - \\ \hline \Phi\Gamma'(I - B')^{-1} & \Phi \end{array} \right].
 \end{aligned} \tag{3.9}$$

Тоа претставува H_0 и $H_A : \Sigma = S$.

3.2. Едноставен пример со четири варијабли

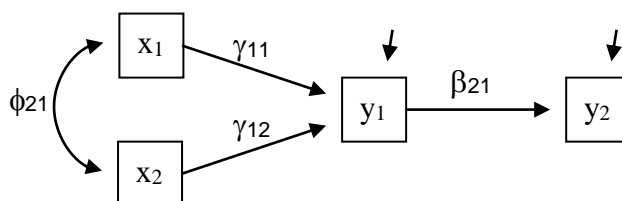
Да замислиме дека ги имаме измерено следните четири варијабли:

Табела 3.1 Опис на варијаблите при купување
Table 3.1 Description of the variables during purchase

Варијабла	Опис
x_1	Согледана атрактивност на производот
x_2	Согледана цена на производот
y_1	Намера за купување

y_2 | Купувачки однос

Да го разгледаме пат - дијаграмот за причинско-последичниот модел:



Слика 3.1 Пат - дијаграм за причинско-последичниот модел
Figure 3.1 Path diagram for the cause-effect model

Постојат неколку работи што може да се забележат за овој дијаграм.

Отстранети се ознаките за грешки; тие се претставени како едначни стрелки без ознака. Коваријансите, како една помеѓу x_1 и x_2 , се претставени со двојна стрелка. Зависните патеки се претставени со еднонасочна стрелка. Варијансите на егзогените варијабли не се претставени со пат - дијаграмот.

Структурните равенки за овој модел се:

$$\begin{aligned} y_1 &= \gamma_{11}x_1 + \gamma_{12}x_2 + \zeta_1 \\ y_2 &= \beta_{21}y_1 + \zeta_2 \end{aligned}$$

во матрична форма:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \beta_{21} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \zeta_1 \\ \zeta_2 \end{bmatrix}$$

$$y = By + \Gamma x + \zeta .$$

Треба да се одреди варијансата на секоја од варијаблите на десната страна од равенката:

$$V(\zeta) = \begin{bmatrix} \psi_{11} & - \\ 0 & \psi_{22} \end{bmatrix}$$

$$V(\mathbf{x}) = \begin{bmatrix} \phi_{11} & - \\ \phi_{21} & \phi_{22} \end{bmatrix} = S_{xx} = \Phi .$$

Бидејќи x се егзогени варијабли, нивните варијанси и коваријанси се дадени и се проценуваат според вредностите на примерокот. Така, тие не можат да придонесат за фалсификување на моделот. Ако ги собереме сите слободни параметри, имаме 1 β , 2 γ , 2 ψ и 3 ϕ .

Постојат $(4 \cdot 5) / 2 = 10$ податочни вредности, оставајќи 2 степена на слобода за моделот. Ова може да се види во пат - дијаграмот од фактот дека недостасуваат две стрелки; стрелката која не се јавува помеѓу x_1 и y_2 , и стрелката која не е присутна помеѓу x_2 и y_2 . Тоа се всушност овие две стрелки кои недостасуваат, кои се тестирани од страна на Хи-квадрат статистиката за овој модел. Нивното отсуство е она што можеме да го фалсификуваме со употреба на СЕМ - техниката.

3.3. Сите y - модели

Секој модел што се изразува со варијабли x и y може да се изразува само со y варијабли. Ако се земат предвид следните две групи равенки:

$$y = By + \Gamma x + \zeta$$

$$x = 0y + Ix + 0$$

каде втората група равенки, што ги вклучуваат x варијаблиите, се претставени само да создадат сличност помеѓу x и y . Дефинираме:

$$z = \begin{bmatrix} y \\ x \end{bmatrix},$$

$$G = \begin{bmatrix} B & \Gamma \\ 0 & I \end{bmatrix} \text{ и}$$

$$e = \begin{bmatrix} \zeta \\ 0 \end{bmatrix}$$

така можеме да напишеме повторно две групи на структурни равенки:

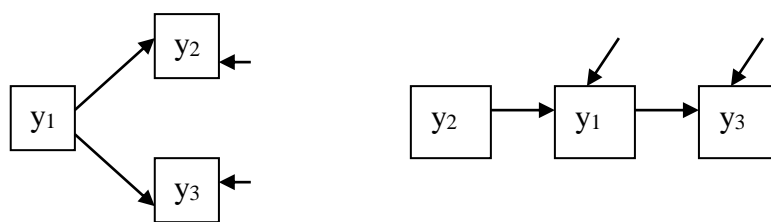
$$z = Gz + e \quad \text{со}$$

$$V(e) = \begin{bmatrix} \Psi & - \\ 0 & \Phi \end{bmatrix} = A.$$

Дефинираме z , G и A привремено само да ја илустрираме горенаведената ситуација. Поентата е во тоа што ни треба само една група варијабли со една матрица на коефициент на регресија и една матрица на варијанса. Најдобро е да се користат y , B и Ψ за таа намена.

3.4. Смислата на зависните модели

Со користење на моделите на структурни равенки имаме можност да ја отфрлиме хипотезата H_0 која го отелотворува зависниот модел. Отфрлувањето H_0 е дефинитивно случување. Ако H_0 не е отфрлена, резултатите се двосмислени. Сè што можеме да кажеме во тој случај е дека не сме успеале да ја отфрлиме хипотезата. Со други зборови, таа е сè уште тврдење, но во никој случај не може да се смета за докажано. Всушност, постојат бесконечно многу други можни модели кои исто така можат да бидат точни. H_0 е една од нив. За илустрација на ова, се земаат две зависни структури прикажани подолу:



Слика 3.2 Пат - дијаграми на две зависни структури
Figure 3.2 Path diagram for two dependent structures

Забележуваме дека пат - дијаграмите прикажани погоре се малку поедноставени од традиционалните конвенции. Двата модела имаат еден степен на слобода што одговара на исчезнатиот пат помеѓу y_2 и y_3 . Оттука фактот, дека еден степен на слобода, или рестрикцијата имплицира дека степенот на слобода е идентичен во двата случаи. За да се разгледа оваа рестрикција се навраќаме на регресиите:

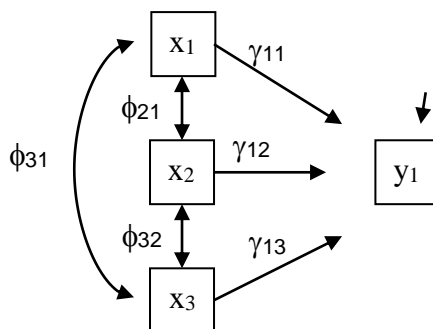
$$y_2 = y_1 + e_2 \text{ и}$$

$$y_3 = y_1 + e_3.$$

Двата зависни дијаграми бараат само делумна коваријанса $\sigma_{231} = 0$ каде σ_{231} е $Cov(e_2, e_3)$ од горните две регресиони равенки. Неуспехот да се отфрли не го докажува моделот.

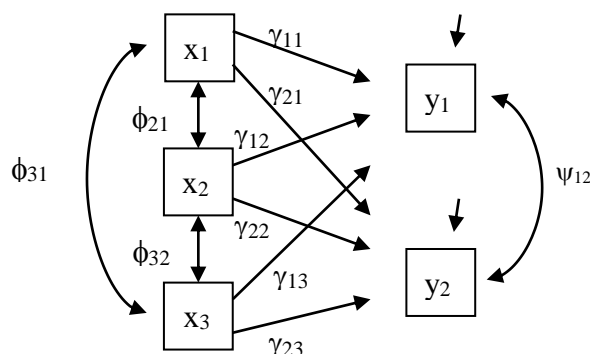
3.5. Регресијата како специјален модел на структурна равенка

Разгледуваме регресионен модел со три независни варијабли и една зависна варијабла. Пат - дијаграмот за ова е прикажан подолу:



Слика 3.3 Пат - дијаграм на регресионен модел со три независни варијабли и една зависна варијабла
 Figure 3.3 Path diagram of a regression model with three independent and one dependant variable

Сега да ги пресметаме степените на слобода за моделот. Имаме шест елементи во Φ матрицата (варијансите на егзогените варијабли не се прикажуваат на пат - дијаграмот), има три γ вредности и една ψ . Помеѓу четирите набљудувани варијабли има $4(5)/2 = 10$ коваријанси и варијанси. Така постојат точно толку слободни параметри колку што има податоци. Односно, параметрите се само трансформации на податоците. Во тој случај велиме дека моделот е само идентификуван. Моделот не дава никакви ограничување на Σ матрицата, така што може да кажеме дека има 0 степени на слобода. Да разгледаме мултиваријантен случај со повеќе зависни варијабли. На пример, подолу ќе видиме модел со две y варијабли и три x варијабли:

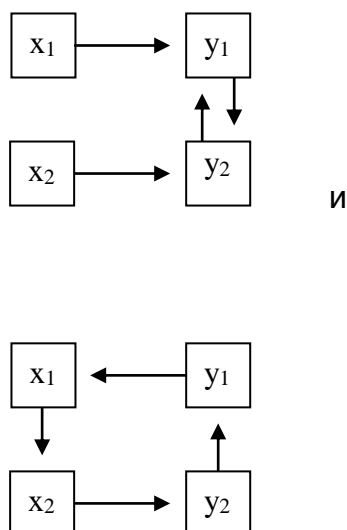


Слика 3.4 Пат - дијаграм со две y варијабли и три x варијабли
 Figure 3.4 Path diagram with two y variables and three x variables

Регресија, без разлика дали со една или повеќе зависни варијабли, не може да се потврди во смисла на моделирање со структурни равенки. Регресијата е причински модел.

3.6. Рекурзивни и нерекурзивни модели

Рекурзивен систем се карактеризира со $V(\zeta) = \Psi$ е дијагонална матрица и од фактот дека може да ги подредиме y варијаблите, така што B е долно (или горно) триаголна. Ова лесно се покажува со принципот на рекурзивноста со повикување на спротивното. Примери за некои нерекурзивни системи се дадени подолу.



Слика 3.5 Нерекурзивни системи
Figure 3.5 Nonrecursive systems

И двата од тие се нарекуваат нерекурзивни. Генерално, нерекурзивните модели многу тешко се проценуваат со користење на модели на структурни равенки.

3.7. Модели на структурни равенки со латентни варијабли

Можно е да се комбинираат модели на латентни варијабли со модели на структурни равенки. Со други зборови, може да имаме пат - модели помеѓу фактори. Досега користевме y -варијабли, но за да појасниме подобро претпоставуваме дека имаме две групи варијабли x и y , и поради тоа потребно е да имаме два мерни модели.

$$y = \Lambda_y \eta + \varepsilon \quad (3.10)$$

$$x = \Lambda_x \xi + \delta \quad (3.11)$$

y -варијаблите се функција од некои латентни варијабли η , x -варијаблите се функција од други латентни варијабли ξ . Моделите на структурни равенки меѓу овие латентни варијабли би биле:

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta \quad (3.12)$$

Пред да ги користиме овие модели мора да направиме некои претпоставки. Тоа се:

$$Cov(\eta, \varepsilon) = 0 \quad (3.13)$$

$$Cov(\xi, \delta) = 0 \quad (3.14)$$

$$Cov(\xi, \zeta) = 0 \quad (3.15)$$

$$Cov(\varepsilon, \delta, \zeta) = 0 \quad (3.16)$$

$$Diag(B) = 0 \quad (3.17)$$

$$|I - B| \neq 0. \quad (3.18)$$

Првите две претпоставки (3.13) и (3.14) се дека заедничките фактори и единствените фактори се независни. Во моделот на

структурна равенка, независната варијабла и грешката мора да бидат коваријансни (3.15). Секоја од трите вида грешки се заеднички коваријансни (3.16). Дијагоналата на матрицата B е множество од p нули, изразот $(I - B)$ мора да биде несингуларна, што значи дека неговата детерминанта не смее да биде нула, така што може да има инверзна.

Значи, имаме четири параметарски матрици: Λ_y која содржи факторски оптоварувања за y варијабли, Λ_x која содржи оптоварувања за регресија на x варијабли на нивните фактори ξ , Γ која содржи регресиони коефициенти за η на ξ и B со регресиони коефициенти за η на другите η . Да ја оформиме сликата, имаме четири матрици на варијанси. Варијансите на сите влезни мора да бидат одредени, а тоа вклучува:

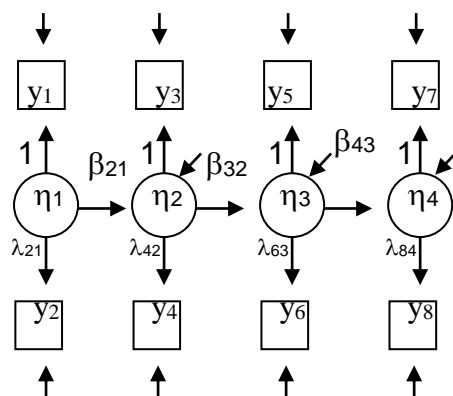
$$V(\xi) = \Phi, \quad (3.19)$$

$$V(\zeta) = \Psi, \quad (3.20)$$

$$V(\varepsilon) = \Theta_\varepsilon \text{ и} \quad (3.21)$$

$$V(\delta) = \Theta_\delta. \quad (3.22)$$

Првиот пример вклучува една лонгитудинална студија во која од група на клиенти се побарани истите два предмети на четири различни купувања. Овие два предмета се хипотезно еднодимензионални. Но, тоа е само илустративен пример затоа што секои два предмета се еднодимензионални. Ни требаат повеќе од два предмета да ја креираме скалата, инаку моделираме обична корелација. Продолжувајќи понатаму, еве го пат - дијаграмот:



Слика 3.6 Пат - дијаграм на модели со латентни варијабли
 Figure 3.6 Path diagram of models with latent variables

Можеби сме заинтересирани за постоењето на став за брендот низ времето. Сите варијабли се означени на тој начин што го илустрираат секој y модел. Мерниот модел е:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ y_5 \\ y_6 \\ y_7 \\ y_8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ \lambda_{21} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_{42} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_{63} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_{84} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \\ \eta_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \varepsilon_4 \\ \varepsilon_5 \\ \varepsilon_6 \\ \varepsilon_7 \\ \varepsilon_8 \end{bmatrix}$$

со структурен модел:

$$\begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \\ \eta_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ \beta_{21} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \beta_{32} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \beta_{43} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \\ \eta_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \zeta_1 \\ \zeta_2 \\ \zeta_3 \\ \zeta_4 \end{bmatrix}$$

На ова ги додаваме варијансните матрици ε и ζ , соодветно:

$$\Theta_{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \theta_{11} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \theta_{22} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \theta_{88} \end{bmatrix} \text{ и}$$

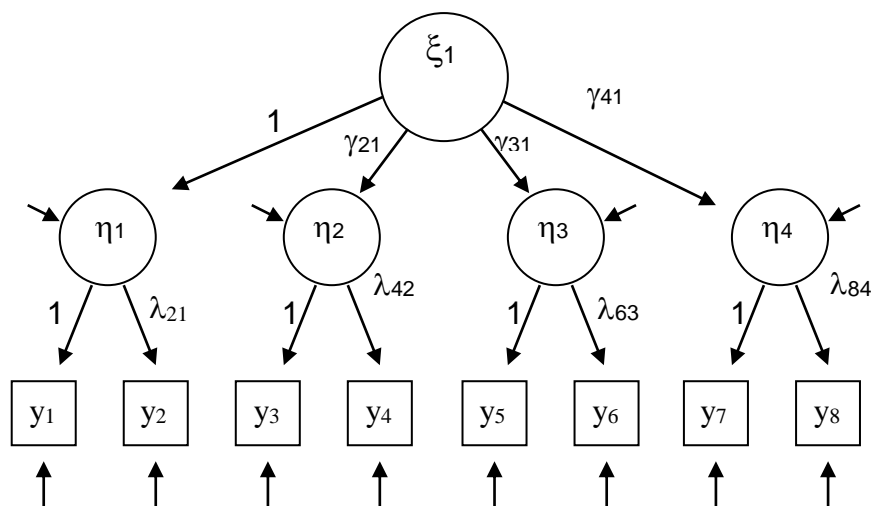
$$\Psi = \begin{bmatrix} \psi_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \psi_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \psi_{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \psi_{44} \end{bmatrix}$$

Во матрицата Ψ , параметарот ψ_{11} е егзоген.

Ова е важно за да може да се пресметаат степените на слобода на овој или секој друг модел на кој се работи. Необработените податоци за моделот, со оглед дека има осум набљудувани варијабли, е даден со изразот $9(8)/2 = 36$. Од ова мора да одземеме четири слободни елементи во наполнетата матрица, три β , осум елементи во Θ_{ε} и четири елементи од дијагоналата на Ψ . Така се добиваат 15 степени на слобода.

3.8. Втор ред факторска анализа

Еден добар, но ретко употребен модел е втор ред фактор модел. Ефектно, факторите меѓу себе може да формираат фактор од повисок ред. Со други зборови, ако корелациите помеѓу факторите ја имаат точната структура, може да биде резултат на латентна варијабла. Пат - дијаграмот за овој модел е следниот:



Слика 3.7 Пад - дијаграм на втор ред фактор - модел
Figure 3.7 Path diagram of a second order factor model

Забележуваме дека η имаат свои оптоварувања и свои единствени фактори. Овде, варијаблата ξ_1 служи за фактор од повисок ред. Во општи црти, вториот подреден фактор анализиран модел може да се запише како:

$$y = \Lambda_y \eta + \varepsilon \quad \text{и} \quad (3.23)$$

$$\eta = \Gamma \xi + \zeta \quad (3.24)$$

кој ќе биде препознаен како специјален случај на СЕМ со латентни варијабли. Моделот може да се запише покомпактно како:

$$y = \Lambda_y [\Gamma \xi + \zeta] + \varepsilon \quad (3.25)$$

Треба да претпоставиме дека $Cov(\varepsilon, \zeta) = 0$ и $Cov(\xi, \zeta) = 0$. Овде исто така имаме $V(\varepsilon) = \Theta_\varepsilon$, $V(\zeta) = \Psi$ и $V(\xi) = \Phi$. Варијансната матрица на y , Σ , зема посебно естетска форма со овој модел,

$$V(y) = \Lambda_y [\Gamma \Phi \Gamma' + \Psi] \Lambda_y' + \Theta_\varepsilon \quad (3.26)$$

со внатрешните загради на $V(\eta)$. Мора да се осигуриме дека може да го пресметаме степенот на слобода за овој модел.

3.9. Модели со структурно значење

Со цел да се погледне во значењето, нешто што е корисно особено кога имаме повеќе групи, потребно е да вклучиме единечен вектор како „независна варијабла“ и да ја анализираме непроменетата SSCP матрица (Sums of Squares and Cross Products Matrix), наместо коваријансната матрица. Нашиот модел е:

$$y = v_y + \Lambda_y \eta + \varepsilon \quad (3.27)$$

$$x = v_x + \Lambda_x \xi + \delta \quad (3.28)$$

$$\eta = \alpha + B\eta + \Gamma\xi + \zeta. \quad (3.29)$$

Дефинираме $E(\xi) = k$. Тогаш:

$$E(\eta) = (I - B)^{-1}(\alpha + \Gamma k) \quad (3.30)$$

$$E(x) = v_x + \Lambda_x k \quad \text{и} \quad (3.31)$$

$$E(y) = v_y + \Lambda_y (I - B)^{-1}(\alpha + \Gamma k) \quad (3.32)$$

За да се вклопи овој модел во контекст на SEM, потребно е да вклучиме вектор од единици што ќе го означиме x_0 . Тоа ќе биде единствената варијабла означена како x . За останатите реални x и y , ќе користиме y - модел. За x_0 имаме:

$$1 = 1\xi_0 + 0.$$

За сите останати варијабли, имаме:

$$\begin{bmatrix} y \\ x \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Lambda_y & 0 & v_y \\ 0 & \Lambda_x & v_x \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta \\ \xi \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon \\ \delta \end{bmatrix} \quad (3.33)$$

како мерен модел. Моделот на структурни равенки изгледа вака:

$$\begin{bmatrix} \eta \\ \xi \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B & \Gamma & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta \\ \xi \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \alpha \\ k \\ 1 \end{bmatrix} 1 + \begin{bmatrix} \zeta \\ \xi - k \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (3.34)$$

Значењето на латентните варијабли α_i се појавуваат на позицијата обично зафатена од матрицата „ Γ “, која во овој случај е вектор. Постои низа од хипотези и модели кои можат да бидат тестирани. Пред да започнеме со тестирањето да претпоставиме дека има две групи.

$$H_0 : \Sigma_1 = \Sigma_2 \quad (3.35)$$

Неуспехот да се отфрли оваа хипотеза значи дека треба да се соединат групите. Во тој момент секоја анализа помеѓу групите запира.

$$H_0 : \Lambda_y^{(1)} = \Lambda_y^{(2)} \quad (3.36)$$

Неуспехот да се отфрли хипотезата во равенството (3.36) укажува на тоа дека секоја популација ја има истата факторска структура. Инаку, ако се отфрли хипотезата, нема никаква смисла да се споредува значењето на факторот низ групите бидејќи ова значење соодветствува со различни фактори во двете групи. Затоа, ако ја отфрлиме хипотезата во равенката (3.36), анализата помеѓу групите запира.

$$H_0 : \mathbf{v}_y^{(1)} = \mathbf{v}_y^{(2)} \quad (3.37)$$

Неуспехот да се отфрли горенаведената хипотеза имплицира дека се работи на истиот начин за секоја популација. Ако се отфрли, застанува споредбата меѓу групите.

$$H_0 : \Theta_\varepsilon^{(1)} = \Theta_\varepsilon^{(2)}$$

Нема последици ниту од отфрлање или прифаќање на хипотезата. Сепак, како и секогаш, треба да се заврши со наједноставен можен модел, така прифаќањето се смета за позитивно.

$$H_0 : \alpha^{(1)} = \alpha^{(2)} \quad (3.38)$$

Ова обично се смета за клучна хипотеза. Дали групите се разликуваат по значењето на факторот? Може да разгледаме:

$$H_0 : \Psi^{(1)} = \Psi^{(2)} \quad (3.39)$$

која прашува дали групите се разликуваат во факторскиот простор.

4. КОРИСТЕЊЕ НА МУЛТИВАРИЈАЦИОНИ СТАТИСТИЧКИ ТЕХНИКИ ЗА ПРИМЕНА НА ИКТ ВО НАСТАВАТА (ТЕРЕНСКО АНКЕТНО ИСТРАЖУВАЊЕ)

Компјутеризацијата и дигитализацијата на образованието во Република Македонија интензивно се развива во последните години со масовна хардверската опременост на сите училишта и спроведените обуки на наставниот кадар за примена на ИКТ во наставата. Во сите основни училишта задолжителна е примената на информациско - комуникациска технологија во наставата (ИКТ) која е интегрирана и во наставните програми што ги изготвува Бирото за развој на образованието (БРО). Се смета дека примената на ИКТ првенствено ќе ја зголемат ефикасноста на образовниот процес, односно ќе го подигнат квалитетот на наставата. Во училиштата во Република Македонија веќе четири години може да се реализира ваков тип настава, благодарение на проектот на Владата на Република Македонија „Компјутер за секој ученик“ со кој државата им донираше околу 100.000 компјутери на државните училишта во Република Македонија. Оттука, примената на ИКТ во наставата денеска претставува реалност и неделив дел од наставниот процес. Согласно насоките од БРО оваа учебна година најмалку 30% од редовната настава (од вкупниот фонд на часови по секој наставен предмет) мора да се реализира со примена на ИКТ.

Тоа беше причина и поттик да спроведеме истражување во Југоисточниот дел на Република Македонија, со цел да утврдиме колку наставниците применуваат ИКТ во наставата. Истражувањето беше спроведено во учебната 2012/13 година во месец април во основните училишта во општините Струмица, Василево, Босилово и Ново Село. Притоа, беа опфатени наставници од различна возраст, пол, работно искуство, наставници од предметна и одделенска настава.

Зошто беше спроведено тоа истражување

- Да обезбеди валидна и сигурна проценка на степенот и природата на ИКТ знаењата и вештините на наставниците во основните училишта.
- Да ја одреди фреквенцијата на употреба на ИКТ во наставата.
- Да се идентификуваат факторите од гледна страна на наставниците кои влијаат на развојот на ИКТ компетенциите и фреквенцијата на примена на ИКТ во наставата
- Да се утврди потенцијалната ИКТ поддршка и стратегиите за развој за подобрување на ефективноста во иднина.

Како беше спроведено истражувањето

Во 10 основни училишта во претходно наведените општини на 214 наставници беше спроведена анкета, што е репрезентативен примерок во однос на 610 што е вкупниот број на наставници во тие општини. Во согласност со потребите на истражувањето беше составен анкетниот прашалник. Во анктениот прашалник наставниците требаше сами да го пријават својот профил на нивните ИКТ знаења и вештини, начините на кој тие ги користат ИКТ во наставата, обуките на кои биле за ИКТ, фреквенцијата на употреба на ИКТ во наставата, како и да ги оценат мотивационите ставови за користење на ИКТ во наставата и ставовите на училиштето за ИКТ. Главните делови на анкетниот лист се прикажани во Табела 4.1. Анкетниот прашалник е даден во додатокот.

Табела 4.1 Главни делови на анкетниот лист примена на ИКТ во наставата за наставници во основните училишта
Figure 4.1 Main parts of the survey list on the application of ICT in the education for teachers in the primary schools

Дел	Наслов на делот	Информации	Број на прашања
I	Општи информации	средина, старост, стаж, пол, наставник	5
II	Користење на компјутер за лични потреби	сопствен компјутер, вид на компјутер, интернет дома, години на работа со компјутер	4
III	Лично и професионално усовршување	број на обуки од училиштето, посета на други обуки, вид на самоусовршување	3
IV	Користење на компјутер во училиштето	примена на ИКТ, програми, вид на компјутер, хардверска опрема, користење на компјутер	6
V	Мотивација за користење на ИКТ во наставата	мотивациони ставови со скала на проценка	21
VI	ИКТ знаења и вештини	навигација во оперативен систем, електронска пошта, интернет, уредувач на текст, мултимедијални презентации, табеларни пресметувања, блогови, бази на податоци	8
VII	ИКТ во училиштето	скала на проценка за примена на ИКТ во училиштето	3
Вкупно прашања			33

Резултатите од анкетата се анализирани со помош на програмите SPSS 19, Excel и Amos Graphics 18.

Што беше пронајдено

Основните мотивациони фактори на наставниците за користење на ИКТ во наставата

- Ставовите на наставниците за примена на ИКТ во наставата се позитивни.
- Негативните фактори не се доволни да влијаат наставниците да не применуваат ИКТ во наставата.

ИКТ компетенции на наставниците

- Со ниска ИКТ компетенција се 25% од наставниците, со средна ИКТ компетенција се 17%, додека со висока се најголем процент, 58%.
- Основните ИКТ апликации кои се користат од страна на 94% од наставниците се интернет и уредувачот на текст. Апликацијата навигација во оперативен систем се користи 90%, а електронска пошта 89%, додека мултимедијални презентации се користи 81%. Потоа, табеларни пресметки се користат 79%, а блогови користат само 10% од анкетираниите наставници. Најмал процент од анкетираниите наставници користат бази на податоци за потребите на наставата и тоа само 4%.

Фактори кои влијаат на ИКТ компетенциите на наставниците

- Се покажа дека мажите, помладите наставници, наставниците со помалку работно искуство и наставниците од предметна настава се со поголема веројатност да имаат поголеми ИКТ компетенции.
- Степенот до кој наставникот користи ИКТ за професионални цели, ИКТ капацитетот, поседување сопствен компјутер и нивните ставови и мотивација беа пронајдени како највлијателни фактори на ИКТ компетенцијата.

Фреквенција на примена на ИКТ во наставата

- Беше пронајдено дека 34,1% од наставниците применуваат ИКТ ретко или никогаш, 52,3% од наставниците применуваат често, а 13,5% секој ден користат ИКТ во наставата.

Фактори кои влијаат на фреквенцијата на примена на ИКТ во наставата

- ИКТ компетенциите на наставниците, број на обуки, години на користење на компјутер, поседување сопствен компјутер и имање интернет во домот се покажаа како највлијателни фактори на фреквенцијата на примена на ИКТ во наставата.

Општи информации за анкетираниите наставници

Во табелите подолу се претставени демографските карактеристики на анкетираниите наставници.

Табела 4.2 Средина во која се наоѓа училиштето
Table 4.2 Environment where the school is located

		Средина			
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Рурална	105	49,1	49,1	49,1
	Урбана	109	50,9	50,9	100,0
	Total	214	100,0	100,0	

Од табела 4.2 се гледа дека скоро еднаков е бројот на наставници од урбана и рурална средина.

Табела 4.3 Старосна структура на анкетираниите наставници
Table 4.3 Age structure of the surveyed teachers

		Старост			
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	<=25	5	2,3	2,3	2,3
	>=56	24	11,2	11,2	13,6
	26-35	59	27,6	27,6	41,1
	36-45	55	25,7	25,7	66,8
	46-55	71	33,2	33,2	100,0
	Total	214	100,0	100,0	

Табела 4.4 Работно искуство како наставник
Table 4.4 Work experience as a teacher

		Стаж			
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	<=5	46	21,5	21,5	21,5
	>=26	51	23,8	23,8	45,3
	11-15	29	13,6	13,6	58,9
	16-20	22	10,3	10,3	69,2
	21-25	19	8,9	8,9	78,0
	6-10	47	22,0	22,0	100,0
	Total	214	100,0	100,0	

Табела 4.5 Пол на анкетираниите наставници
Table 4.5 Sex of the surveyed teachers

		Пол			
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Женски	177	82,7	82,7	82,7
	Машки	37	17,3	17,3	100,0
	Total	214	100,0	100,0	

Табела 4.6 Наставници од одделенска и предметна настава
Table 4.6 Lower and upper grades teachers

		Наставник			
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Одделенски наставник	85	39,7	39,7	39,7
	Предметен наставник	129	60,3	60,3	100,0
	Total	214	100,0	100,0	

4.1. Знаења и вештини што ги поседуваат наставниците

Во овој дел ќе бидат разгледани ИКТ знаењата и вештините што ги поседуваат наставниците. Резултатите добиени од анкетата ќе бидат детално анализирани и вкупниот број на поени за ИКТ компетенциите ќе

биде пресметан што ќе помогне во одредувањето на компетенциите на наставниците.

○ **ИКТ знаења и вештини на наставниците**

Во анкетниот лист наставниците одговараа за нивното користење на осум најчесто користени ИКТ апликации:

- Навигација во оперативен систем
- Електронска пошта
- Интернет
- Уредувач на текст (Word, OpenOffice Writer,...)
- Мултимедијални презентации (Power Point, OpenOffice Impress,...)
- Табеларни пресметки (Excel, OpenOffice Calc,...)
- Блогови
- Бази на податоци

За секоја софтверска апликација беше дадена листа на вештини, на која наставниците ги избираа оние кои ги имаат.

Користењето на ИКТ апликациите од страна на наставниците е различно, како што е прикажано во Табела 4.6.

Основните ИКТ апликации кои се користат од страна на 94% од наставниците се интернет и уредувачот на текст. Апликацијата навигација во оперативен систем се користи 90%, а електронска пошта 89%, додека мултимедијални презентации се користи 81%. Потоа, табеларни пресметки се користат 79%, а блогови користат само 10% од анкетираниите наставници. Најмал процент од анкетираниите наставници користат бази на податоци за потребите на наставата и тоа само 4%.

Табела 4.6 Користење на ИКТ апликациите од наставниците
Table 4.6 The use of ICT applications by the teachers

	Процент на користење*	
База: Сите испитаници	n=214	
Навигација во оперативен систем		90%
Електронска пошта		89%
Интернет		94%
Уредувач на текст (Word, Open Office Writer...)		94%
Мултимедијални презентации (Power Point, Open Office Impress...)		81%
Табеларни пресметки (Excel, Open Office Calc...)		79%
Блогови		10%
Бази на податоци		4%

* Процент на наставници кои кажале дека ја користат апликацијата

Навигација во оперативен систем

- Од 81% до 84% од наставниците умеат да зачувуваат фајл во даден фолдер, креираат и именуваат нов фолдер, отвараат постоечки фолдери и работат со нив, копираат, отсекуваат, бришат и преименуваат фолдери и фајлови. Помеѓу 74% и 64% од наставниците работат во различни фолдери и драјвови (диск, USB,...) и препознаваат видови фајлови.
- Компресираат и декомпресираат фајлови 38%, инсталираат софтвер 34%, а ги користат Help фајловите 26%.

Електронска пошта

- Од 81% до 88% од анкетираниите наставници ги отвораат пораките, креираат и испраќаат порака и одговараат на порака.
- Внесуваат контакти 77%, ги наоѓаат испратените и избришаните пораки 76%, креираат и испраќаат порака 74%, а препраќаат порака 69%.

Интернет

- Од 83% до 90% од наставниците отвораат познати веб - сајтови, прават основни пребарувања и превземаат слики и текстови од интернет и ги зачувуваат.
- 68% од испитаниците прават напредно пребарување, 50% организираат омилен страници и ставаат ознаки, 48% умеат да работат со повеќе прелистувачи, 40% превземаат и инсталираат софтвер од интернет и 37% умеат да ги менуваат параметрите на прелистувачот.

Уредувач на текст (Word, OpenOffice Writer,...)

- Од 85% до 90% од испитаните наставници умеат да креираат нов документ, отвораат постоечки документ, зачувуваат документ, форматираат текст, променуваат фонт.
- Од 71% до 79% од наставниците вметнуваат заглавје и подножје на страницата, вметнуваат број на страни, вметнуваат слика и печатат документ. Од 60% до 66% од испитаните наставници вметнуваат табела, го променуваат поставувањето на страната и ги променуваат маргините на страната.

Мултимедијални презентации (Power Point, OpenOffice Impress,...)

- Од 72% до 78% од наставниците креираат нова презентација, отвораат и уредуваат постоечка презентација, променуваат фонт и изглед на слајд во презентација, вметнуваат слика.
- 68% можат да активираат презентација и да се движат напред-назад во текот на презентирањето, 55% вметнуваат премин меѓу слајдови и анимација на објектите, 52% вметнуваат звук и видео, 46% вметнуваат хиперврска и 39% вметнуваат временски параметри.

Табеларни пресметки (Excel, OpenOffice Calc,...)

- 75% од наставниците креираат нова табела и внесуваат податоци во неа и отвораат постоечка табела и прават промени во неа. 61% вметнуваат и бришат редици и колони, 54% прават пресметки со некои од готовите функции.
- 49% од испитаниците форматираат ќелии во табела, 47% сортираат ќелии, 46% прават пресметки со формула, 40% вметнуваат графикон, 36% работат со повеќе работни листови, 22% користат условно форматирање, а само 19% користат условно форматирање.

Блогови

- Само 10% од наставниците користат.

Бази на податоци

- Само 8% од наставниците работат со бази на податоци.

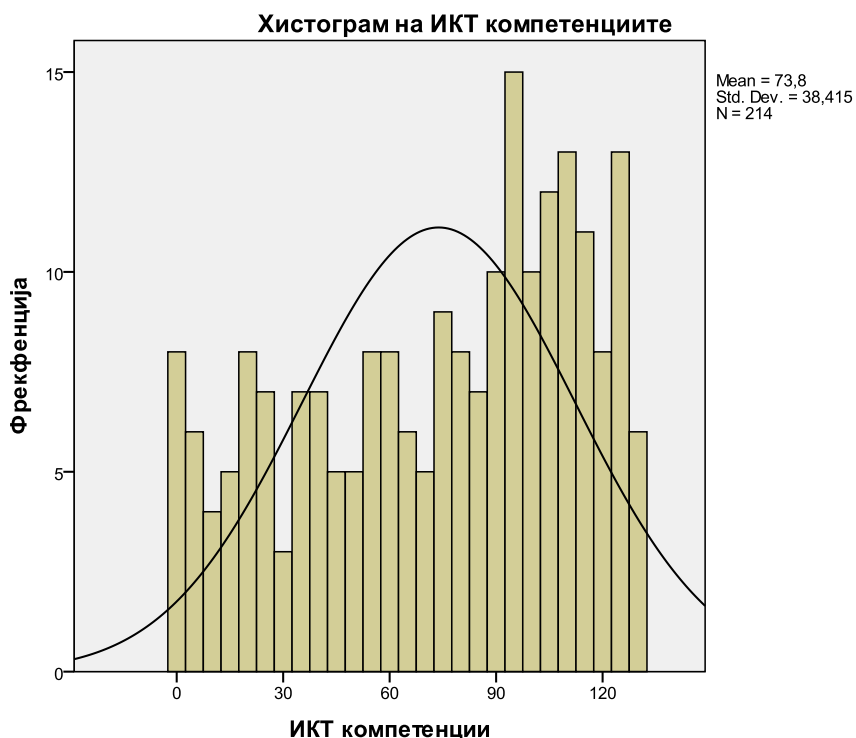
4.2. ИКТ компетенција

Со цел да се обезбеди полесен начин на примена на статистичите техники, беа сумирани резултатите од анкетниот лист за ИКТ компетенциите на наставниците. Секој од одговорите на дадените осум вештини за работа со компјутер беше бодирани. Вкупниот број на бодови го дава резултатот за ИКТ компетенцијата.

Резултат за ИКТ компетенцијата

За сите 214 наставници колку што беа анкетирани беа пресметани вкупниот број на поени на одговорите за ИКТ вештините. [47]

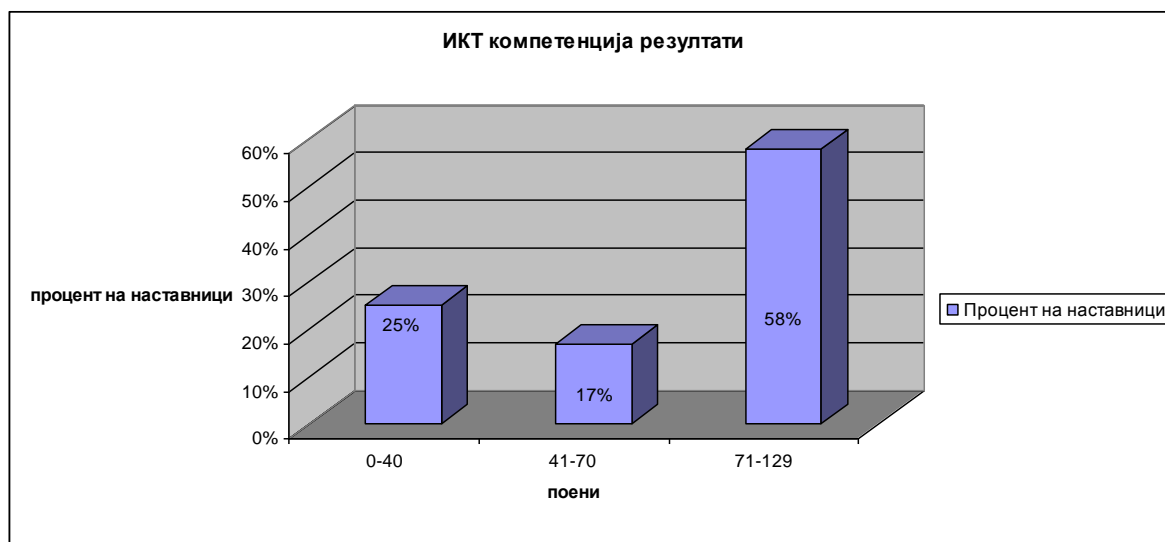
Дистрибуцијата на фреквенциите за ИКТ резултатите е прикажана на Слика 4.1.



Слика 4.1 Фреквенција на ИКТ компетенциите
Figure 4.1 The frequency of the ICT competences

Сите понудени одговори за осумте вештини за ИКТ компетенции се групирани во три тежински нивоа, како што е прикажано во Табела 4.7. Вештините од прво ниво се бодираат со 1 поен, од второ со 2, а оние од трето со 3 поени.

Резултатите од ИКТ компетенциите се дадени на Слика 3.2. Од графиконот се гледа дека најмала ИКТ компетенција имаат 25% од наставниците, односно постигнале до 40 поени. 17% од наставниците имаат од 41 до 70 поени за знаењата и вештините за работа со компјутер, а највисок процент, 58% од наставниците се со освоени од 71 до 129 поени за ИКТ вештините. Значи можеме да заклучиме дека поголемиот број наставници имаат висока ИКТ компетенција, потоа се наставниците кои имаат стекнато основни знаења и вештини за работа со компјутер, а најмалку се оние на средина.



Слика 4.2 Графички приказ на резултатите од ИКТ компетенциите
Figure 4.2 Graphical display of the results from the ICT competence

Табела 4.7 Тежински нивоа за ИКТ компетенции (знаења и вештини)
Table 4.7 Weighted-level ICT competences (knowledge and skills)

	Навигација во оперативен систем	Електронска пошта	Интернет	Уредувач на текст	Мултимедијални презентации	Табеларни пресметки	Блогови	Бази на податоци	
1 Ниво	<p>Зачувувам фајл во даден фолдер</p> <p>Креирам и именувам нов фолдер</p> <p>Отварам постоечки фолдери и работам во нив</p> <p>Копирам, отсекувам, бришам и преименувам фолдери и фајлови</p>	<p>Ги отвaram пораките</p> <p>Креирам и испраќам порака</p>	<p>Отварам познати веб сајтови</p> <p>Умеам да правам основни пребарувања</p> <p>Организирам омилен страници и ставам ознаки</p>	<p>Креирам нов документ</p> <p>Отварам постоечки документ</p> <p>Зачувувам документ</p> <p>Форматирам текст</p> <p>Променувам фонт</p> <p>Печатам документ</p>					
0-15									
2 Ниво	<p>Работам во различни фолдери и драјвови (диск, USB,...)</p> <p>Препознавам видови фајлови</p>	<p>Внесувам контакти</p> <p>Ги наоѓам испратените и избришаните пораки</p> <p>Прикачувам фајлови на пораката</p> <p>Одговарам на пораката</p>	<p>Превземам слики, текстови и ги зачувувам</p> <p>Работам во повеќе прелистувачи</p>	<p>Вметнувам заглавје и подножје на страницата</p> <p>Вметнувам број на страни</p> <p>Вметнувам слика</p> <p>Вметнувам табела</p>	<p>Креирам нова презентација</p> <p>Отварам и уредувам постоечка презентација</p> <p>Променувам фонт и изглед на слајд во презентација</p> <p>Вметнувам слика</p> <p>Можам да активирам презентација и да се движам напред-назад во текот на презентирањето</p>				
16-51		<p>Препратувам порака</p>							
3 Ниво	<p>Компресирам и декомпресирам фајлови</p> <p>Инсталирам софтвер</p> <p>Ги користам Help фајловите</p>		<p>Превземам и инсталирам софтвер</p> <p>Ги менувам параметрите на прелистувачот</p>	<p>Го променувам поставувањето на страната</p> <p>Ги променувам маргините на страната</p> <p>Вметнувам автоматско набројување</p>	<p>Вметнувам премин меѓу слајдови и анимација на објектите</p> <p>Вметнувам звук и видео</p> <p>Вметнувам хиперврска</p> <p>Вметнувам временски параметри</p>	<p>Креирам нова табела и внесувам податоци во неа</p> <p>Отварам постоечка табела и правам промени во неа</p> <p>Правам пресметки со некои од готовите функции</p> <p>Правам пресметки со формула</p> <p>Форматирам ќелии во табела</p> <p>Вметнувам и бришам редици и колони</p> <p>Сортирам ќелии</p> <p>Вметнувам графикон</p> <p>Работам со повеќе работни листови</p> <p>Користам филтрирање</p> <p>Користам условно форматирање</p>	<p>Користам и креирам блогови за потребите на наставата</p>	<p>Работам со бази на податоци за потребите на наставата</p>	
52-129									

Фактори кои влијаат на развојот на ИКТ компетенцијата

Анализирајќи ги резултатите за ИКТ компетенцијата дојдовме до некои клучни фактори кои влијаат врз ИКТ знаењата и вештините на наставниците. Оваа одлука е корисна кога во иднина се даваат препораки за развојот на ИКТ знаењата и вештините.

Фактори кои се пронајдени дека влијаат на ИКТ знаењата и вештините на наставниците ќе бидат разгледани како:

- демографски фактори и
- други фактори.

Демографски фактори кои влијаат на ИКТ компетенцијата

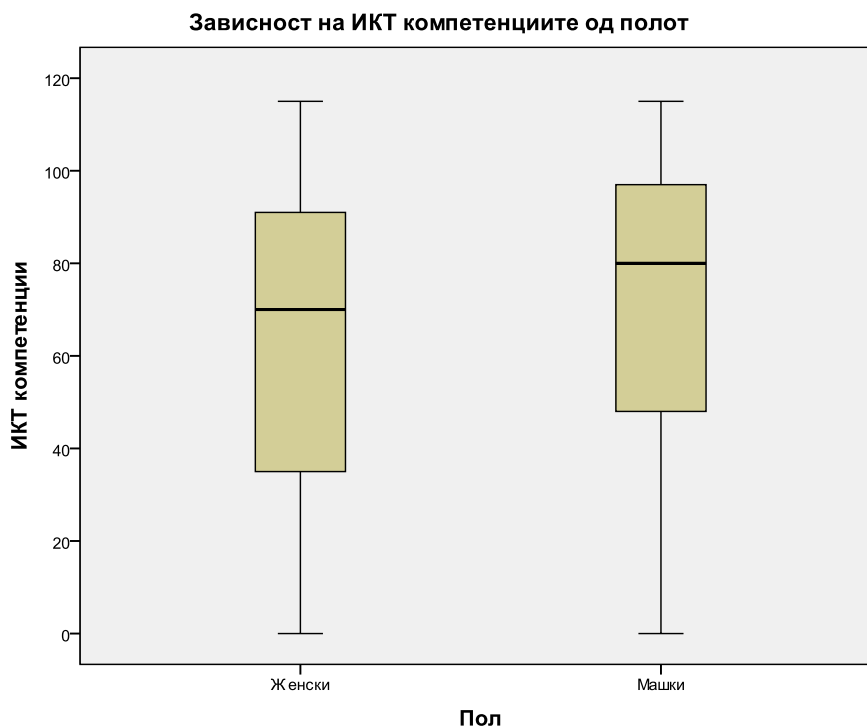
Следните демографски фактори имаат значителна врска со ИКТ компетенцијата на наставникот.

- ❖ **Пол.** Мажите се со поголема веројатност да имаат повисоки ИКТ компетенции од жените.
- ❖ **Години.** Резултатот за ИКТ компетенција се намалува како што возраста на наставниците се зголемува.
- ❖ **Работно искуство.** Резултатот за ИКТ компетенција се намали како што годините на неговото работно искуство како наставник се зголемуваат, ова несомнено се должи на односот помеѓу возраста и искуството во наставата.
- ❖ **Предметен/одделенски наставник.** Наставниците од предметна настава се со поголема веројатност да имаат повисоки резултати за ИКТ компетенција од наставниците во одделенска настава.

Фактор кој не е значително поврзан со ИКТ компетентноста (т.е. не постои статистички значителна врска помеѓу овој фактор и резултатите за ИКТ компетенција) е:

❖ Средина во која се наоѓа училиштето (урбана или рурална)*Пол*

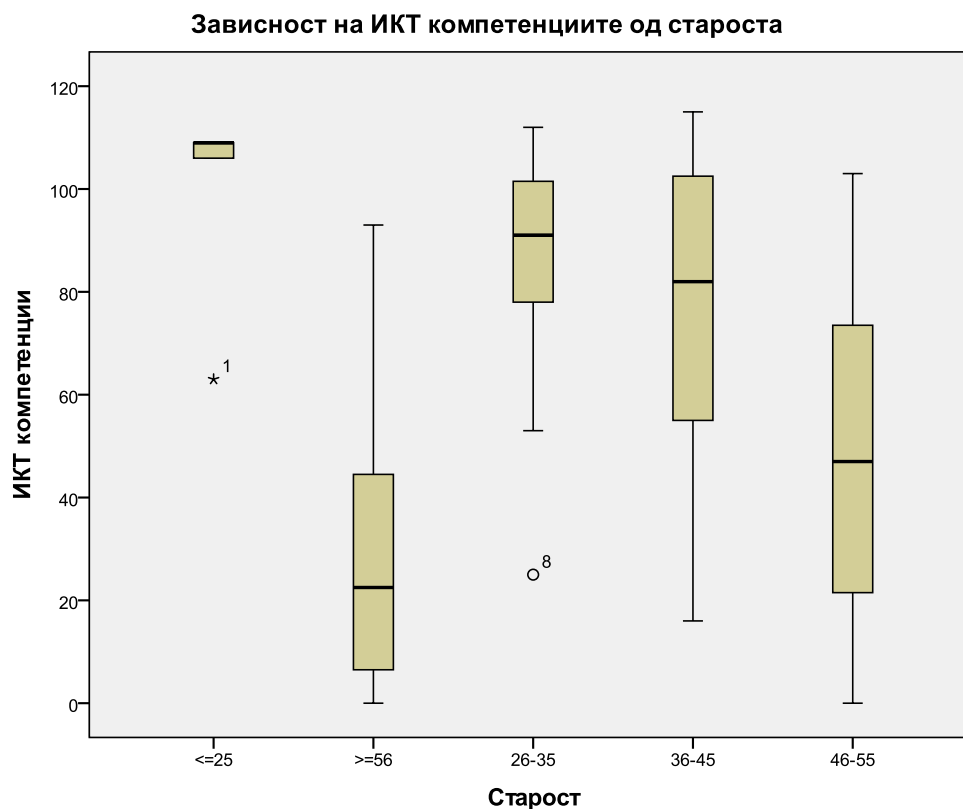
Како што е прикажано на Слика 4.3 резултатот за ИКТ компетенциите кај мажите е повисок од оној кај жените. Средната вредност на мажите е 69,05, додека онаа кај жените е 64,51.



Слика 4.3 Зависност на ИКТ компетенциите од полот
Figure 4.3 The dependence of the ICT competences in regards to the sex

Години на старост

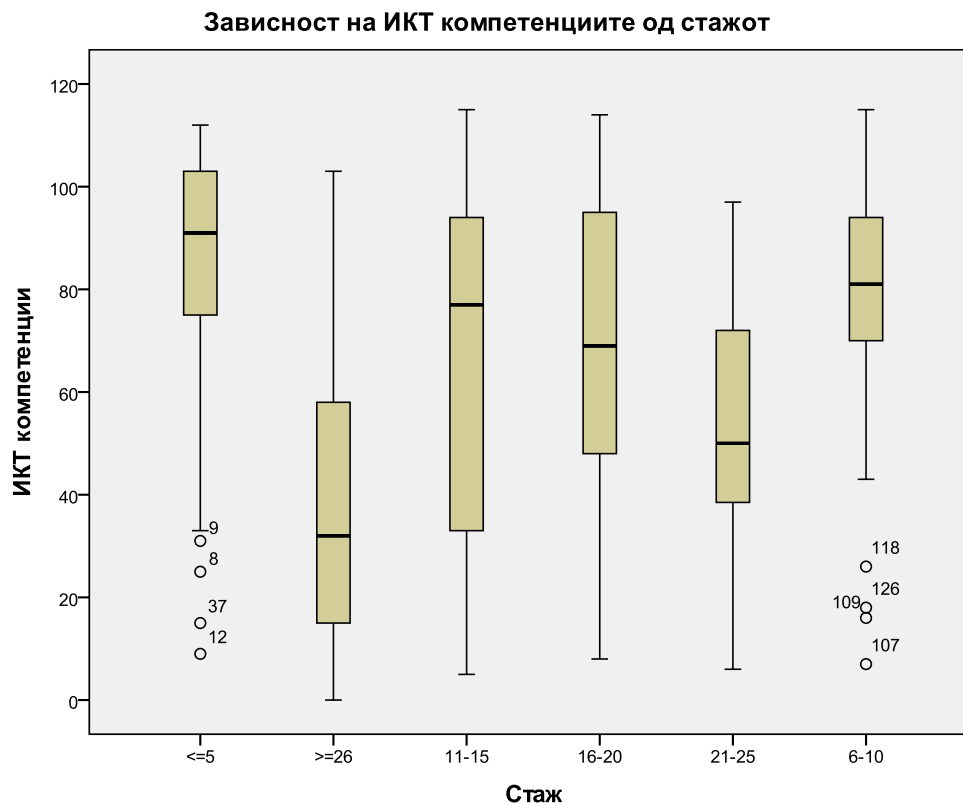
Слика 4.2 подолу покажува дека возраста на наставниците е обратно поврзана со ИКТ компетенциите. Просечниот резултат за ИКТ компетенции се намалува со значителен статистички степен со пораст на возраста на наставниците.



Слика 4.4 Зависност на ИКТ компетенциите од староста
Figure 4.4 The dependence of the ICT competences in regards to the age

Работно искуство

На Слика 4.5 е прикажана зависноста на резултатот за ИКТ компетенциите од годините на работно искуство како наставник. Наставниците со работно искуство помало или еднакво на 5 години имаат најголема средна вредност на резултатот од 83,91. Наставниците со работно искуство од 6 до 10 години имаат средна вредност на резултатот од 78,32. Наставниците во групата од 11 до 15 години работно искуство се со 66,76 средна вредност на резултатот за ИКТ компетенции, што е слична на средната вредност од 67,73 која одговара на наставниците од 16 до 20 години работно искуство. Наставниците со најголемо работно искуство, над 26 години имаат најмала просечна вредност на резултатот за ИКТ компетенции 39,24.

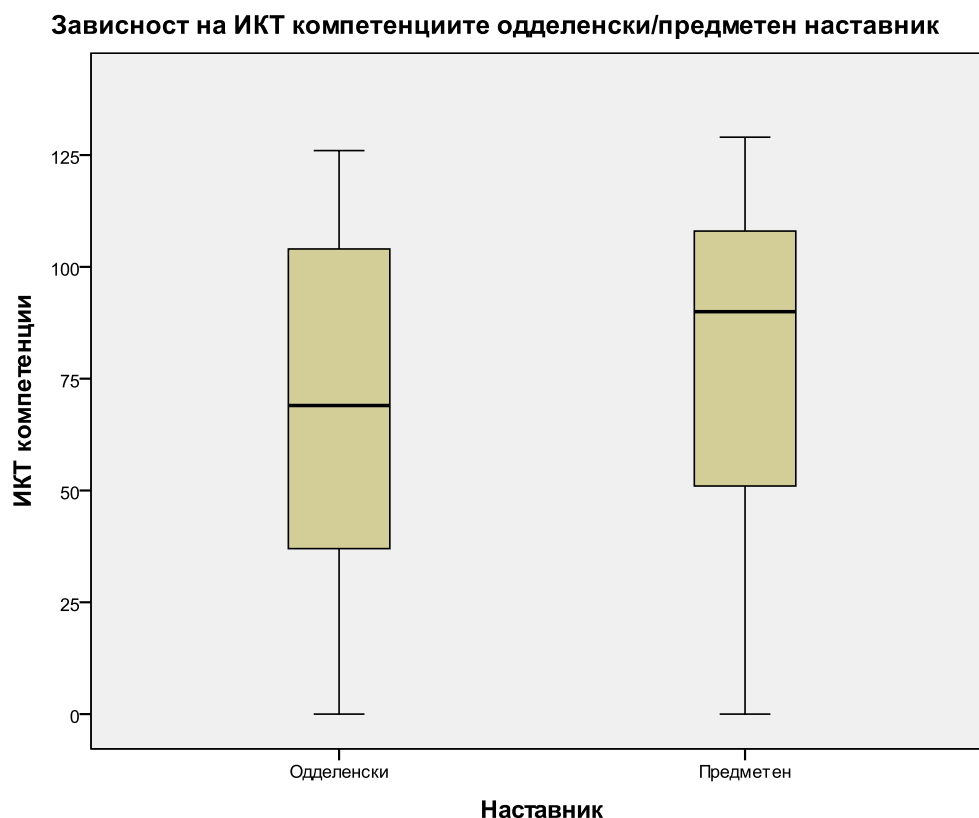


Слика 4.5 Зависност на ИКТ компетенциите од годините на работно искуство како наставник

Figure 4.5 The dependence of the ICT competences in regards to the years of work experience as a teacher

Предметен/одделенски наставник

На Слика 4.6 е прикажана зависноста на резултатот за ИКТ компетенциите од тоа дали станува збор за наставник од одделенска настава или за наставник од предметна настава. Наставниците од предметна настава имаат поголем резултат од наставниците од одделенска настава. Средната вредност на резултатот за ИКТ компетенциите на наставниците од предметна настава е 76,61, а на наставниците од одделенска настава е 69,53.

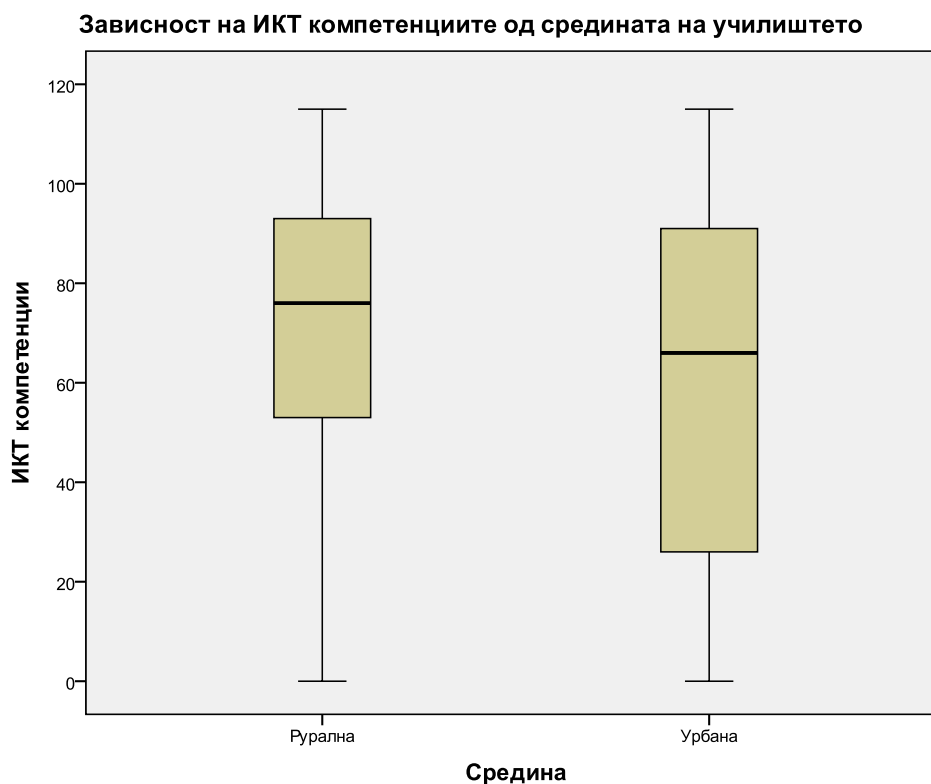


Слика 4.6 Зависност на ИКТ компетенциите за одделенски и предметен наставник

Figure 4.6 The dependence of the ICT competences for lower and upper grades teachers

Средина во која се наоѓа училиштето

На Слика 4.5 е прикажана зависноста на резултатот за ИКТ компетенциите со средината во која се наоѓа училиштето каде што работи наставникот. Во нашето истражување се покажа дека наставниците кои работат во рурална средина имаат поголеми ИКТ компетенции од оние наставници кои работат во урбана средина. Средната вредност на резултатот на наставниците од руралната средина е 76,61, додека на оние од урбана средина е 69,53 што укажува на статистичка значајност.

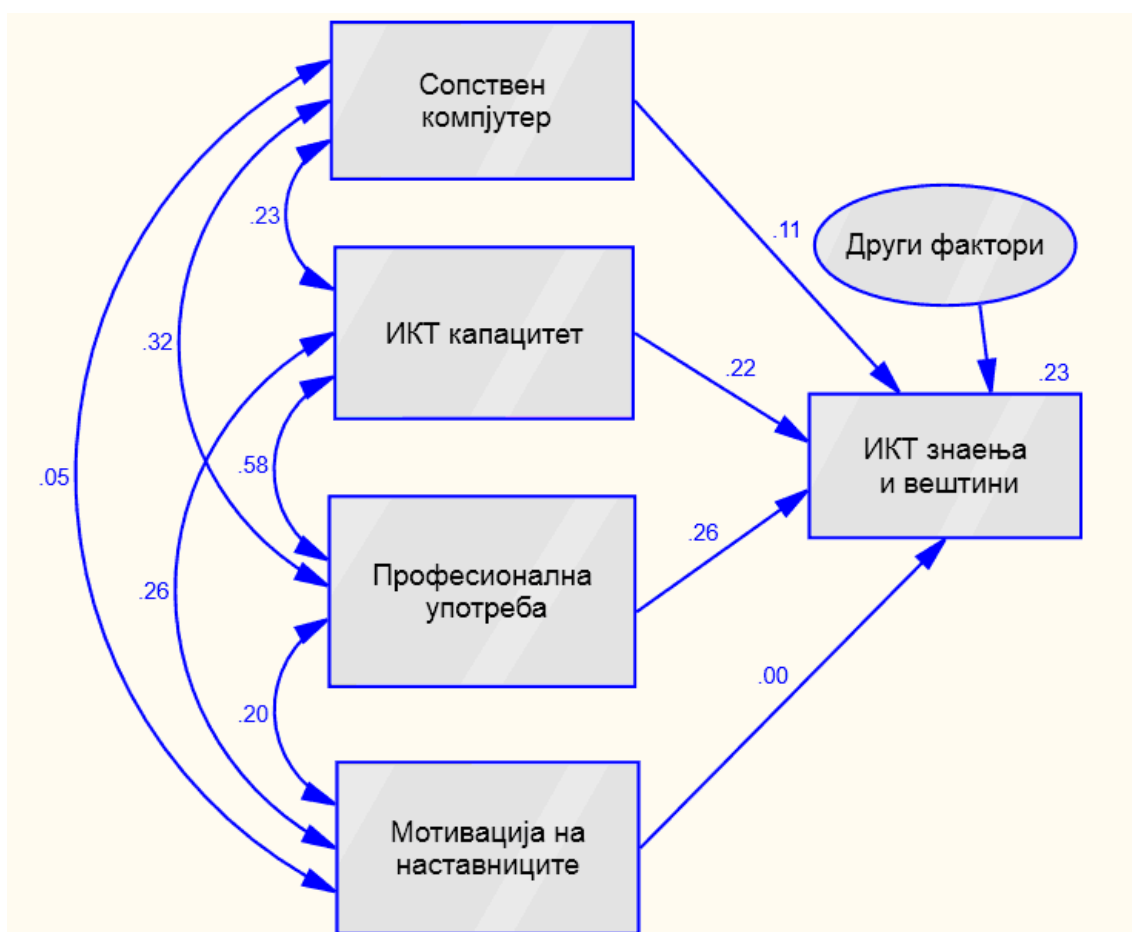


Слика 4.5 Зависност на ИКТ компетенциите од средината во која се наоѓа училиштето

Figure 4.5 The dependence of the ICT competences in regards to the environment in which the school is located

Други фактори кои влијаат на ИКТ компетенцијата

Техниката Моделирање со Структурни Равенки беше искористена за да се анализираат односите меѓу ИКТ знаењата и вештините на наставниците и други фактори кои влијаат. Моделирањето со структурни равенки ја испитува јачината на врската меѓу променливите и им доделува тежина на односот, што може да биде некаде помеѓу 0 и 1. Се покажа дека факторите со најсилна врска со ИКТ знаењата и вештините се: Професионална употреба на ИКТ, Училиште ИКТ капацитет, Наставник ставови и мотивација. Овие односи се прикажани во моделот на Слика 4.6.



Слика 4.6 Релативна јачина на влијанието на факторите врз ИКТ компетенциите на наставниците
 Figure 4.6 The relative strength of the influence on the factors on the ICT competences of the teachers

Од Слика 4.6 може да заклучиме дека Професионалната употреба е фактор со најсилно влијание на ИКТ знаењата и вештините со јачина од 0.26, потоа ИКТ капацитетот е со јачина 0.22, сопствен компјутер е со јачина од 0.11, а занемарлив е факторот Мотивација на наставниците со јачина 0.004. Влијанието на други фактори врз ИКТ знаењата и вештините е 0.23.

Кога ги собираме резултатите на сите три фактори со влијание на ИКТ знаењата и вештините добиваме вредност 0,604 (од 0 до 1). Тоа значи дека сите овие фактори се 60,4% од варијансата на ИКТ знаењата и вештините што укажува на тоа дека овие фактори го опишуваат влијанието врз ИКТ знаењата и вештините добро.

Табела 4.8 Регресиона тежина на факторите за ИКТ знаења и вештини
 Table 4.8 The regressional weight of the factors for the ICT knowledge and skills
 Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

		Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
ИКТ знаења и вештини	<--- Сопствен компјутер	13.443	7.510	1.790	.073	
ИКТ знаења и вештини	<--- ИКТ капацитет	5.043	1.723	2.927	.003	
ИКТ знаења и вештини	<--- Професионална употреба	4.024	1.158	3.475	***	
ИКТ знаења и вештини	<--- Мотивација на наставниците	.208	3.663	.057	.955	

Табела 4.8 е табела од текстуалниот приказ на резултатите на AMOS Graphics. Како што можеме да видиме само факторот Професионална употреба има позитивен сигнифициран ефект врз ИКТ знаењата и вештините, бидејќи вредноста на $p < 0.001$. ИКТ капацитет има позитивен сигнифициран ефект врз ИКТ знаења и вештини бидејќи $p < 0.05$. Останатите фактори имаат позитивен несигнифициран ефект врз ИКТ знаењата и вештините бидејќи нивната p вредност е поголема од 0.05.

Табела 4.9 Преглед на моделот во SPSS
 Table 4.9 Overview of the model in SPSS

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.480 ^a	.231	.216	33,734

a. Predictors: (Constant), Мотивација на наставниците, Сопствен компјутер, ИКТ капацитет, Професионална употреба

Табела 4.9 ни го дава прегледот на моделот во SPSS, од каде можеме да видиме дека вредноста на R Square е 0,231 што укажува на тоа дека моделот е во ред.

Табела 4.10 ANOVA табела за кумулативен ефект во SPSS
Table 4.10 ANOVA table for the cumulative effect in SPSS

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	71286,253	4	17821,563	15,660	,000 ^a
	Residual	237842,588	209	1138,003		
	Total	309128,841	213			

a. Predictors: (Constant), Мотивација на наставниците, Сопствен компјутер, ИКТ капацитет, Професионална употреба

b. Dependent Variable: ИКТ знаења и вештини

Како што можеме да видиме од ANOVA табелата кумулативниот ефект е сигнифициран.

Табела 4.11 Табела на коефициентите во SPSS
Table 4.11 Table for the coefficients in SPSS

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	17,315	11,863		1,460	,146
	Сопствен компјутер	13,443	7,582	,114	1,773	,078
	ИКТ капацитет	5,043	1,740	,221	2,899	,004
	Професионална употреба	4,024	1,169	,265	3,442	,001
	Мотивација на наставниците	,208	3,698	,004	,056	,955

a. Dependent Variable: ИКТ знаења и вештини

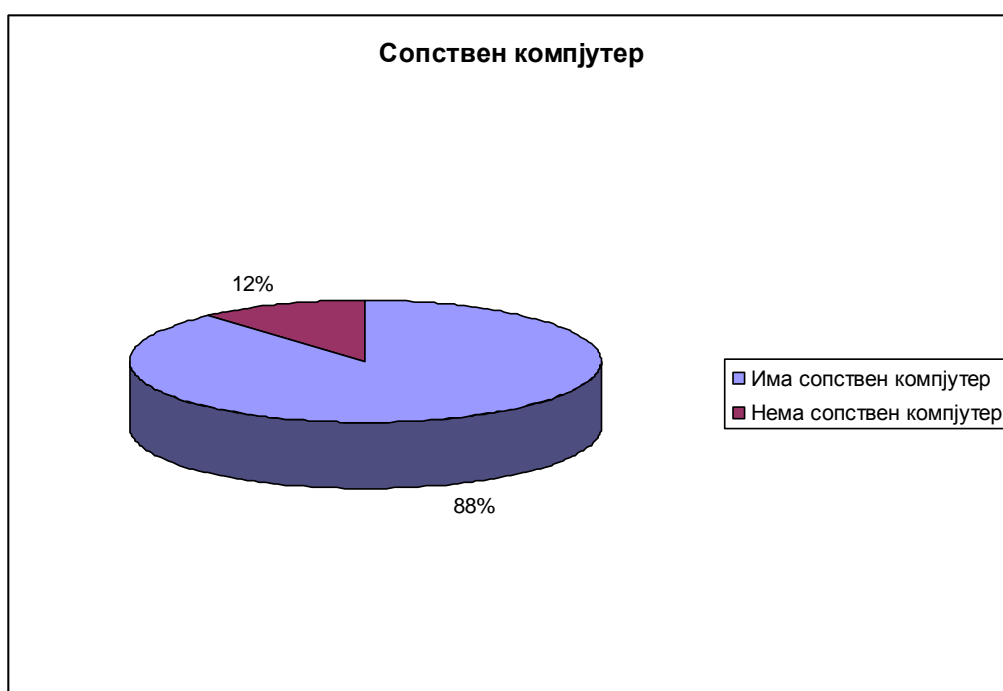
Од Табела 4.11 гледаме дека Beta коефициентите на сите предиктори се позитивни, но сигнифицирани се само ИКТ капацитет и Професионална употреба, останатите фактори се несигнифицирани.

Користење на компјутерот за лични потреби

Постои поврзаност помеѓу користењето на компјутерот за лични потреби и ИКТ компетенцијата на наставниците, поради тоа овде ќе биде детално разгледано користењето на компјутер за лични потреби.

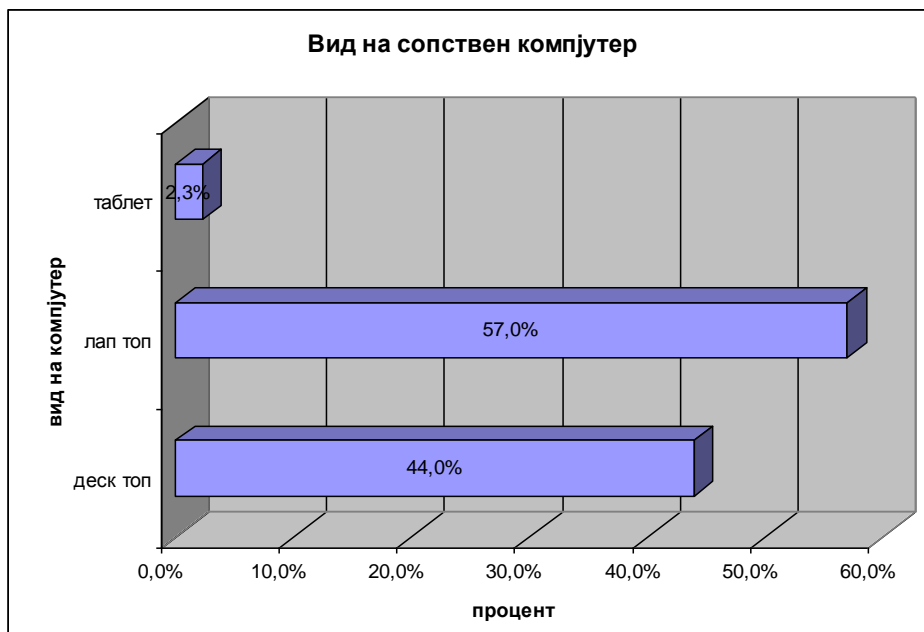
На Слика 4.7 е даден графичкиот приказ за процентот на наставниците кои имаат сопствен компјутер, освен ASUS лаптопот компјутерот кој им беше доделен на сите наставници. Оттука се гледа дека многу голем процент 88% од наставниците имаат свој компјутер, додека само 12% немаат.

Понатаму во истражувањето наставниците требаше да прецизираат каков компјутер имаат, десктоп, лаптоп или таблет. Многу од наставниците ги имаат и двата вида или пак трите вида компјутери.



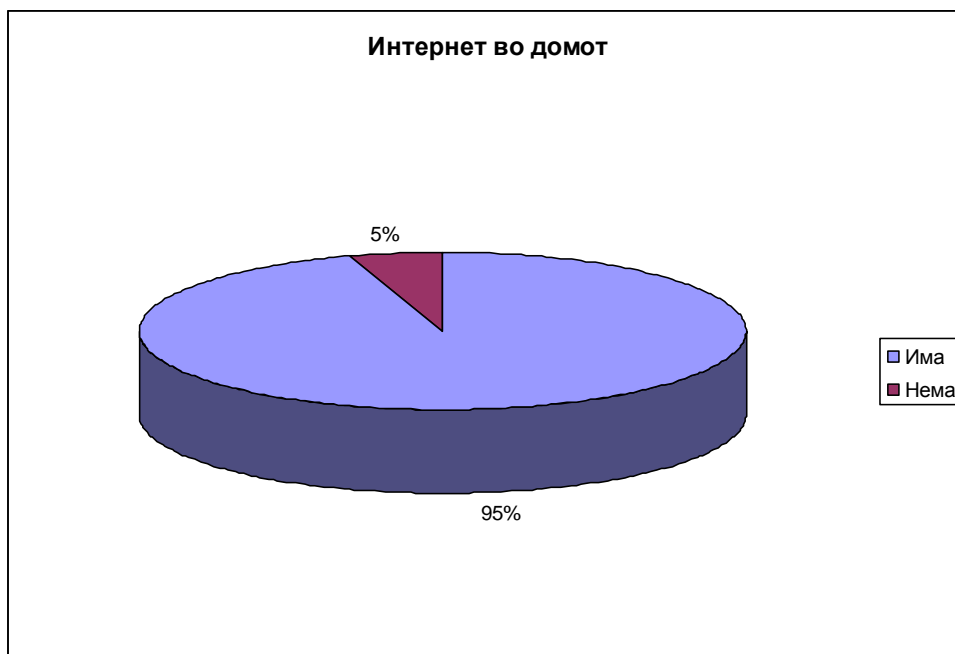
Слика 4.7 Сопствен компјутер
Figure 4.7 Personal computer

На Слика 4.8 е даден приказ за секој од видовите компјутери кои ги поседуваат наставниците. Од тука можеме да видиме дека најмногу од наставниците имаат лаптоп компјутери, па десктоп, а најмалку од анкетираниите наставници имаат таблет.



Слика 4.8 Вид на сопствен компјутер
Figure 4.8 Type of personal computer

На Слика 4.9 е даден графички приказ на процентот на наставници кои имаат Интернет во својот дом. Притоа, како што можеме да забележиме дури 95% од наставниците користат интернет во своите домови, а само 5% од анкетираниите наставници немаат интернет дома.



Слика 4.9 Интернет во домот
Figure 4.9 Internet at home

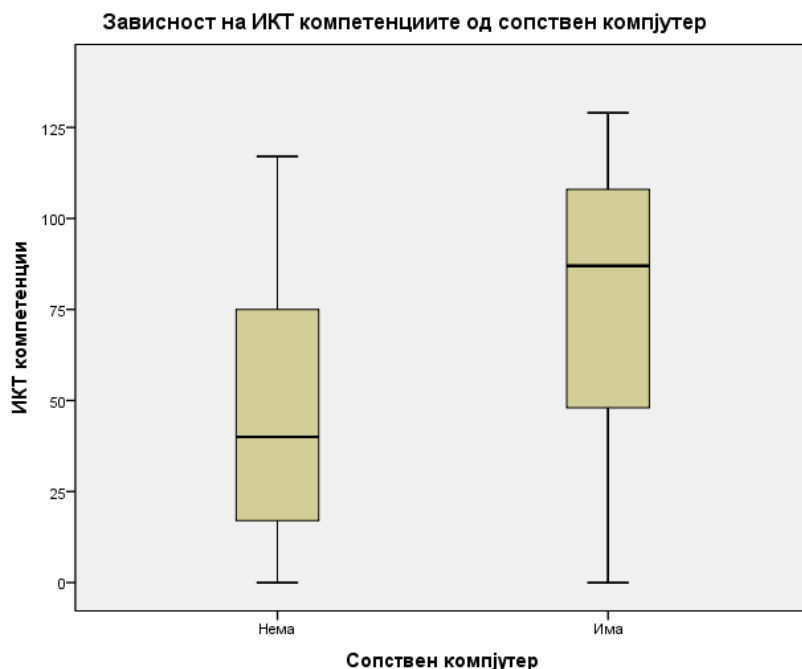
На Слика 4.10 се прикажани годините на користење на компјутер за лични потреби.



Слика 4.10 Години на користење на компјутер
Figure 4.10 Years of using a computer

Како што можеме да видиме 29,9% од наставниците користат компјутер од 7 до 10 години, 28,5% повеќе од 10 години, 26,6% од 4 до 6 години, а најмал процент 15% од анкетираниите наставници користат компјутер од 1 до 3 години.

Факторот Сопствен компјутер влијае врз ИКТ знаењата и вештините на наставниците, па таквата зависност е прикажана на Слика 4.11. Во нашето истражување се покажа дека наставниците кои имаат сопствен компјутер имаат поголеми ИКТ компетенции од оние наставници кои немаат. Средната вредност на резултатот на наставниците кои имаат сопствен компјутер е 77,26, додека на оние кои немаат е 47,64 што укажува на статистичка значајност.



Слика 4.11 Зависност на ИКТ компетенциите од сопствен компјутер
Figure 4.11 The dependence of the ICT in regards to a PC

Професионална употреба на ИКТ

Понатамошната анализа беше направена со цел да се испитаат одговорите на сите испитаници за користењето на компјутерот за потребите на училиштето. Беа дадени пет предмети од кои наставниците требаше да ги изберат оние кои ги користат. Во табела 4.12 е даден процентот и бројот на наставници кои ги користат дадените предмети од вкупно 214 наставници колку што беа анкетирани. Може да се каже дека речиси сите анкетирани наставници го користат компјутерот за пополнување на е-дневникот, односно 95,80% од наставниците. Потоа 75,20% од наставниците ги изработуваат тестовите и наставните ливчиња на компјутер, 71,00% за подготовка на наставните содржини, 67,30% за изработка на наставните планови и 63,60% за водење евиденција на постигањата на учениците. Процентот за сите пет дадени предмети за користење на компјутерот за училиштето е голем, значи наставниците применуваат компјутер за многу од своите активности во училиштето.

Табела 4.12 Користење на компјутерот за училиштето
Table 4.12 The use of a computer at school

Користење на компјутерот за потребите на училиштето	Процент на наставници	Број на наставници кои користат
пополнување на е-дневникот	95,80%	205
за изработка на тестови и наставни ливчиња	75,20%	161
за водење евиденција за постигањата на учениците	63,60%	136
за изработка на наставните планови	67,30%	144
за подготовка на наставните содржини	71,00%	152

Понатаму беа анализирани и резултатите за користење на програмите и апликациите за потребите на наставата. Во анкетниот лист беше дадена листа од осум програми и апликации од кои наставниците требаше да ги изберат оние кои ги користат за потребите на наставата. Во Табела 4.6 е даден процентот и бројот на наставници кои користат одредена апликација од листата. Последните три програми од листата се однесуваат за наставниците од одделенска настава, па процентот ќе го пресметуваме според бројот на наставници во одделенска настава, односно 85 наставници.

Од податоците можеме да заклучиме дека најголем процент од одделенските наставници користат ToolKID образовен софтвер и тоа дури 95,29%, потоа 61,18% користат образовен пакет GCompris, а 43,53% користат зелен пакет- junior. Од останатите програми и апликации кои се наменети за сите наставници 45,80% користат веб ресурси, 42,10% го користат веб порталот www.schools.edu.mk, 30,40% ги користат апликациите за предметите од природните науки од Edubuntu, 26,20% користат e-mail за наставата и 20,60% од наставниците ги користат програмите за канцелариско работење. Можеме да забележиме дека овде, освен за програмите за одделенска настава, немаме појава на некој висок процент.

Табела 4.13 Апликации и програми кои се користат за наставата
Table 4.13 Applications and programs used in the education

Апликации и програми за потребите на наставата	Процент на наставници	Број на наставници кои користат
пакет програми за канцелариска работа	20,60%	44
апликации за предмети од природните науки од Edubuntu	30,40%	65
e-mail	26,20%	56
училишен портал www.schools.edu.mk	42,10%	90
други веб ресурси	45,80%	98
ToolKID образовен софтвер	95,29%	81
образовен пакет GCompris	61,18%	52
зелен пакет- junior	43,53%	37

ИКТ капацитет

Бидејќи постои силна врска помеѓу ИКТ капацитетот на училиштата и ИКТ знаењата и вештините, важно е да се разбере ИКТ капацитетот и како тој може да се подобри.

Истражувањето побара од наставниците од понудена листа со осум предмети за хардверска опрема, да ги изберат оние што ги користат за потребите на наставата.

- компјутер
- LCD проектор
- печатар
- скенер
- веб камера
- DVD player
- видео
- телевизор

Во Табела 4.14 дадени се процентот и бројот на наставници кои ја користат дадената хардверска опрема од листата. Притоа можеме да

забележеме дека речиси сите наставници, односно 95,30% користат компјутер, потоа 45,30% користат LCD проектор, 39,30% од наставниците користат печатар, а останатата хардверска опрема е користена со помал процент како што е прикажана во табелата.

Табела 4.14 Користење на хардверска опрема
Table 4.14 The use of hardware equipment

Хардверска опрема	Процент на наставници	Број на наставници кои користат
Компјутер	95,30%	204
LCD проектор	45,30%	97
Печатар	39,30%	84
Скенер	14,50%	31
веб камера	5,60%	12
DVD player	13,60%	29
Видео	7,90%	17
телевизор	13,10%	28

Последните неколку години сите училишта беа опремени со компјутери како што се: тенките клиенти со Edubuntu оперативен систем, Classmate PC-а, а на наставниците им беа доделени ASUS лаптоп компјутери. Покрај тоа сите кабинети по информатика се опремени со персонални десктоп компјутери. Имајќи го предвид тоа, во истражувањето на наставниците им беше понудена листа од тие компјутери од која тие требаше да ги изберат тие што ги користат во наставата.

Во Табела 4.15 е даден процентот и бројот на наставници кои ги користат дадените видови компјутери. Од таму се гледа дека 53,30% од наставниците ги користат персоналните десктоп компјутери, 43,50% ги користат Classmate PC-а, тоа се претежно наставниците од одделенска настава, бидејќи тие компјутери им се доделени ним. Останатите видови компјутери се користат со помал процент како што е дадено и во табелата.

Табела 4.15 Користење на компјутер
Table 4.15 The use of a computer

Компјутер	Процент на наставници	Број на наставници кои користат
персонални десктоп компјутери	53,30%	114
тенки клиенти со Edubuntu оперативен систем	26,20%	56
Classmate PC-а	43,50%	93
ASUS лаптоп за наставници	24,30%	52

4.3. Утврдување на основните мотивациони фактори на наставниците за користење на ИКТ во наставата со факторска анализа

Ставови и мотивација на наставниците

Постои значителна врска помеѓу ставовите и мотивацијата на наставниците и нивните ИКТ компетенции. Поради тоа, важно е да се анализираат и разберат ставовите и мотивацијата, да се прават напори тие да се подобрат, со цел врската да биде појака, а и да се подобрат ИКТ знаењата и вештините на наставниците. Исто така, потребно е да се издвојат најзначајите фактори кои влијаат на мотивацијата на наставниците за користење на ИКТ во наставата.

Во истражувањето на наставниците им беше дадена листа од 21 став, на кои тие требаше да го дадат степенот до кој се согласуваат или не се согласуваат. [12-13]

Листата се состоеше од 10 позитивни ставови и тоа:

1. ИКТ ги прави наставните содржини поинтересни за учениците
2. Примената на ИКТ во наставата е голем предизвик за мене
3. Со примена на ИКТ презентирањето на наставните содржини се подобрува
4. Примената на ИКТ ги олеснува административните работи
5. ИКТ ги прави моите наставни содржини многу поинакви
6. Со примена на ИКТ во наставата јакне мојата самодоверба за користење на компјутерите
7. Примената на ИКТ го подобрува пристапот кон компјутерите за лична и професионална употреба

8. Примената на ИКТ во наставата ги подобрува перспективите на мојата кариера како наставник
 9. Примената на ИКТ ги продлабочува знаењата на учениците
 10. Користењето на ИКТ ме прави помоќен во наставата и училиштето
- Останатите 11 ставови беа негативни и тоа:
11. Примената на ИКТ е контрапродуктивно поради недостаток на ресурси
 12. Хардверските и софтверските проблеми на кои наидувам често го уништуваат мојот час
 13. Примена на ИКТ ми одзема многу време во подготовка на наставните содржини
 14. Примената на ИКТ ги прави наставните содржини потешки
 15. Примената на ИКТ ги прави наставните содржини помалку интересни
 16. Примената на ИКТ го намалува обемот на наставните содржини
 17. Примената на ИКТ ја намалува мотивацијата кај учениците
 18. Примената на ИКТ го нарушува учењето кај учениците
 19. Примената на ИКТ не е предизвик за мене
 20. Примената на ИКТ го одвлекува вниманието на учениците во друга насока
 21. Примената на ИКТ ги намалува моите способности како наставник

Табела 4.16 Предности и недостатоци на користење на ИКТ во наставата
(поголема вредност значи поголемо согласување)
Table 4.16 Advantages and disadvantages of using ICT in teaching (higher value
means greater agreement)

Descriptive Statistics			
	Mean	Std. Deviation	N
ИКТ ги прави наставните содржини поинтересни за учениците	3,00	,790	214
Примената на ИКТ во наставата е голем предизвик за мене	2,66	,866	214
Со примена на ИКТ презентирањето на наставните содржини се подобрува	2,79	,858	214
Примената на ИКТ ги олеснува административните работи	2,91	,979	214
ИКТ ги прави моите наставни содржини многу поинакви	2,69	,792	214
Со примена на ИКТ во наставата јакне мојата самодоверба за користење на компјутерите	2,70	,928	214
Примената на ИКТ го подобрува пристапот кон компјутерите за лична и професионална употреба	2,95	,711	214
Примената на ИКТ во наставата ги подобрува перспективите на мојата кариера како наставник	2,60	,908	214
Примената на ИКТ ги продлабочува знаењата на учениците	2,74	,820	214
Користењето на ИКТ ме прави помокен во наставата и училиштето	2,44	,921	214

Примената на ИКТ е контрапродуктивно поради недостаток на ресурси	2,07	,914	214
Хардверските и софтверските проблеми на кои наидувам често го уништуваат мојот час	2,22	1,028	214
Примена на ИКТ ми одзема многу време во подготовка на наставните содржини	1,90	,880	214
Примената на ИКТ ги прави наставните содржини потешки	1,33	,761	214
Примената на ИКТ ги прави наставните содржини помалку интересни	1,23	,713	214
Примената на ИКТ го намалува обемот на наставните содржини	1,49	,780	214
Примената на ИКТ ја намалува мотивацијата кај учениците	1,32	,788	214
Примената на ИКТ го нарушува учењето кај учениците	1,50	,832	214
Примената на ИКТ не е предизвик за мене	1,55	,927	214
Примената на ИКТ го одвлекува вниманието на учениците во друга насока	1,72	,890	214
Примената на ИКТ ги намалува моите способности како наставник	1,14	,772	214

Во Табела 4.16 се дадени средните вредности на одговорите за мотивационите фактори дадени во анкетниот лист. Мотивационите фактори се оценети со скала на проценка од 0 до 4. Првите 9 фактори имаат добиено повисока оценка, некаде околу 3. Највисоко е оценета изјавата „ИКТ ги прави наставните содржини поинтересни за учениците“ со средна оценка 3 што значи дека повеќето од наставниците се согласуваат со тоа. Изјавата „Примената на ИКТ го подобрува пристапот кон компјутерите за лична и професионална

употреба“ е оценета со средна оценка 2,95; потоа „Примената на ИКТ ги олеснува административните работи“ со средна оценка 2,91; „Со примена на ИКТ презентирањето на наставните содржини се подобрува“ со средна оценка 2,79; „Примената на ИКТ ги продлабочува знаењата на учениците“ со средна оценка 2,74; „Со примена на ИКТ во наставата јакне мојата самоверба за користење на компјутерите“ со средна оценка 2,70; „ИКТ ги прави моите наставни содржини многу поинакви“ со средна оценка 2,69; „Примената на ИКТ во наставата е голем предизвик за мене“ со средна оценка 2,66 и изјавата: „Примената на ИКТ во наставата ги подобрува перспективите на мојата кариера како наставник“ со средна оценка 2,60. Седум фактори беа оценети со средна оценка 2, така изјавата: „Користењето на ИКТ ме прави помокен во наставата и училиштето“ има просечна оценка 2,44; „Хардверските и софтверските проблеми на кои наидувам често го уништуваат мојот час“ има средна оценка 2,22; „Примената на ИКТ е контрапродуктивно поради недостаток на ресурси“ има средна оценка 2,07; „Примена на ИКТ ми одзема многу време во подготовка на наставните содржини“ има средна оценка 1,90; „Примената на ИКТ го одвлекува вниманието на учениците во друга насока“ има средна оценка 1,72; „Примената на ИКТ не е предизвик за мене“ има средна оценка 1,55 и „Примената на ИКТ го нарушува учењето кај учениците“ со средна оценка 1,50. Останатите 5 беа оценети со средна оценка 1, така изјавата: „Примената на ИКТ го намалува обемот на наставните содржини“ со средна оценка 1,49; изјавата: „Примената на ИКТ ги прави наставните содржини потешки“ со 1,33; „Примената на ИКТ ја намалува мотивацијата кај учениците“ со средна оценка 1,32; изјавата: „Примената на ИКТ ги прави наставните содржини помалку интересни“ со 1,23. Конечно, најниско е оценета изјавата „Примената на ИКТ ги намалува моите способности како наставник“ која има добиено оценка 1.14, што значи дека повеќето наставници не се согласуваат.

Овие наоди покажуваат дека поголемиот дел од наставниците сметаат дека ИКТ ја подобрува презентацијата на материјалот, ги прави лекциите поинтересни, ги продлабочува знаењата на учениците, ги олеснува

административните работи, ги прави наставните содржини поинакви. Средната вредност на одговорите за негативните ставови е ниска што укажува на тоа дека повеќето од наставниците не се согласуваат дека ИКТ ја намалува способноста на учениците, го одвлекува вниманието во друга насока, го нарушува учењето кај учениците, ги прави наставните содржини понеинтересни и потешки.

На сите претходно дадени мотивациони фактори применета е факторска анализа со која од голем број почетни вредности ќе ги добиеме основните вредности, односно од голем број изворни варијабли ќе добиеме мал број фактори. Факторската анализа на основа на 21. изворни варијабли доби пет издвоени фактори.

Табела 4.17 Корелациона матрица
Table 4.17 Correlation matrix

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
1	1,00																					
2	0,58	1,00																				
3	0,64	0,60	1,00																			
4	0,43	0,41	0,47	1,00																		
5	0,50	0,44	0,58	0,47	1,00																	
6	0,43	0,42	0,52	0,49	0,57	1,00																
7	0,45	0,47	0,55	0,47	0,61	0,61	1,00															
8	0,43	0,50	0,56	0,59	0,55	0,64	0,60	1,00														
9	0,48	0,42	0,51	0,43	0,55	0,49	0,51	0,63	1,00													
10	0,48	0,43	0,54	0,53	0,53	0,56	0,53	0,72	0,60	1,00												
11	0,02	0,09	-0,05	0,12	0,09	0,11	0,09	0,06	0,12	0,19	1,00											
12	-0,01	-0,05	-0,14	-0,01	0,00	-0,06	-0,12	-0,04	-0,05	-0,05	0,47	1,00										
13	-0,11	-0,09	-0,22	-0,14	-0,14	-0,08	-0,14	-0,09	-0,07	-0,12	0,13	0,20	1,00									
14	-0,28	-0,21	-0,36	-0,20	-0,30	-0,23	-0,27	-0,17	-0,23	-0,22	0,08	0,19	0,42	1,00								
15	-0,24	-0,19	-0,26	-0,20	-0,38	-0,28	-0,25	-0,20	-0,23	-0,21	0,03	0,02	0,12	0,51	1,00							
16	0,10	0,08	0,04	-0,01	-0,06	-0,07	-0,08	-0,02	-0,05	0,00	0,12	0,11	0,01	0,18	0,23	1,00						
17	-0,30	-0,22	-0,27	-0,19	-0,26	-0,26	-0,22	-0,19	-0,24	-0,20	0,15	0,13	0,20	0,55	0,42	0,33	1,00					
18	-0,35	-0,26	-0,38	-0,20	-0,28	-0,26	-0,24	-0,28	-0,26	-0,30	0,23	0,23	0,27	0,49	0,41	0,24	0,70	1,00				
19	-0,23	-0,33	-0,18	-0,19	-0,18	-0,18	-0,12	-0,20	-0,21	-0,19	0,06	0,13	0,10	0,38	0,35	0,25	0,51	0,42	1,00			
20	-0,37	-0,28	-0,38	-0,28	-0,38	-0,36	-0,31	-0,32	-0,31	-0,31	0,17	0,21	0,25	0,45	0,46	0,22	0,62	0,67	0,46	1,00		
21	-0,27	-0,16	-0,21	-0,14	-0,20	-0,20	-0,25	-0,08	-0,08	-0,14	0,09	0,22	0,20	0,48	0,49	0,17	0,38	0,39	0,31	0,41	1,00	

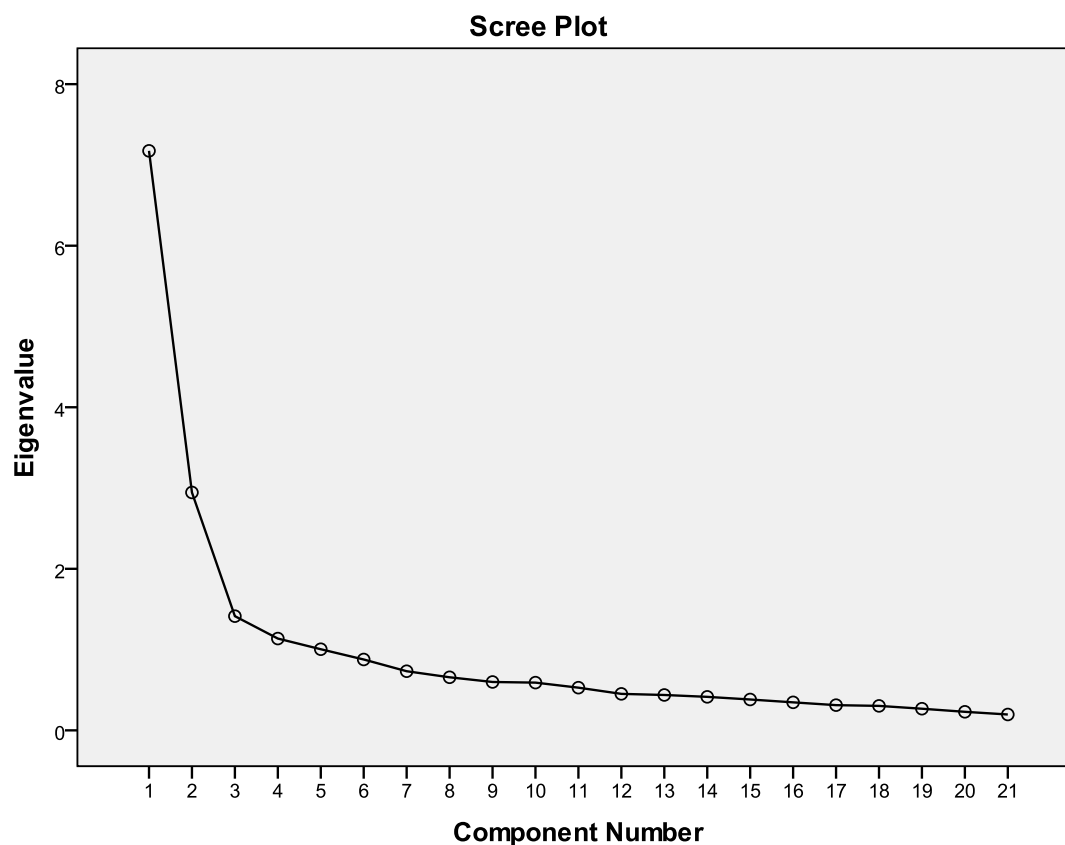
Корелациската матрица која содржи едноставни линеарни корелации на секој пар варијабли е основа за спроведување на факторска анализа. Еден од предусловите за спроведување на факторската анализа е поврзаноста на изворните варијабли, а основа за воочување група на сродни варијабли е корелациската матрица. Корелациската матрица на 21. изворни варијабли ни укажа на корелација помеѓу некои варијабли. Испитувањето на корелациската матрица потврди дека податоците се соодветни за спроведување на факторската анализа. Kaiser-Meyer-Olkin- индекс е следниот критериум со кој може да се испита дали на податоците може да се примени факторската анализа. Вредноста на Kaiser-Meyer-Olkin индекс припаѓа на затворен интервал од 0 до 1. Ако вредноста е помала од 0,5 значи дека корелациската матрица не е соодветна за факторска анализа. КМО индексот за мотивационите фактори изнесува **0,891**, што потврдува дека податоците собрани за мотивационите фактори се соодветни за спроведување на факторската анализа.

Табела 4.18 ги прикажува сопствените вредностите, кои се дел од вкупната варијанса во сите променливи кои се земени предвид од страна на тој фактор. Овде се прикажани 21. фактори, по еден за секоја променлива. Сепак, само во првите пет се извлечени за анализа, бидејќи, според критериумот за екстракција во SPSS се извлекуваат само фактори со сопствени вредности поголеми или еднакви на 1,0.

Табела 4.18 Број на фактори за естрахирање
Table 4.18 Number of factors for extraction

Component	Initial Eigenvalues			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
	1	7,174	34,164	34,164	5,481	26,102
2	2,945	14,025	48,189	3,581	17,055	43,157
3	1,414	6,732	54,921	1,724	8,209	51,365
4	1,136	5,412	60,332	1,576	7,505	58,870
5	1,004	4,782	65,115	1,311	6,244	65,115
6	,877	4,178	69,292			
7	,732	3,486	72,778			
8	,657	3,129	75,907			
9	,599	2,852	78,758			
10	,591	2,814	81,572			
11	,528	2,516	84,088			
12	,452	2,151	86,239			
13	,438	2,085	88,324			
14	,415	1,975	90,299			
15	,382	1,819	92,118			
16	,347	1,651	93,769			
17	,312	1,486	95,255			
18	,303	1,442	96,697			
19	,268	1,275	97,972			
20	,230	1,093	99,065			
21	,196	,935	100,000			

Extraction Method: Principal Component Analysis.



Слика 4.12 Дијаграмот на Cattell (scree plot)
Figure 4.12 Cattell diagram (scree plot)

Од дијаграмот на Cattell (scree plot) со 21. варијабли, Слика 4.12 се гледа дека се издвојуваат пет фактори, бидејќи нивните вредности се издвојуваат од вредностите на останатите фактори.

Бидејќи е утврден бројот на фактори, потребно е да се утврди матрицата на факторската структура на издвоените фактори. Матрицата на факторската структура содржи факторски оптоварувања кои ги прикажуваат коефициентите на корелација помеѓу издвоените фактори и варијаблите. Факторските оптоварувања укажуваат на важност на секоја варијабла за поединечен фактор.

Анализирајќи ги варијаблите дадени во матрицата се гледа дека поедини варијабли корелираат со неколку фактори, а анализата на факторите покажува дека првиот фактор е дефиниран со високи факторски оптоварувања на поголем број варијабли. Бидејќи почетната матрица нема обележја на

едноставна структура, се врши ротација на факторот со која се менува односот помеѓу варијаблите и факторите.

Ротацијата на факторот се прави со ортогонална ротација на факторот, односно применет е методот Varimax. Овој метод, во однос на другите методи, е поуспешен во постигнување на принципот на едноставна структура. Varimax ротација на фактори овозможува поедноставување на факторите, бидејќи во нашиот случај првиот фактор има голем број високи факторски оптоварувања. Матрицата на факторската структура и матрицата на факторскиот склоп по извршената ротација се основа за интерпретација на факторите.

Од резултатите се гледа дека структурата на факторските оптоварувања сега е изменета, односно дека факторските оптоварувања се распоредени на сите пет фактори, што не беше случај кај неротираната матрица. Ваквата структура после извршената ротација овозможува подобра интерпретација на факторите во однос на почетната факторска матрица.

Табела 4.19 Ротирани факторски оптоварувања
Table 4.19 Rotated factor loadings

	Rotated Component Matrix ^a				
	Component				
	1	2	3	4	5
Примената на ИКТ во наставата ги подобрува перспективите на мојата кариера како наставник	,858				
Користењето на ИКТ ме прави помоќен во наставата и училиштето	,797				
Примената на ИКТ го подобрува пристапот кон компјутерите за лична и професионална употреба	,781				
Со примена на ИКТ во наставата јакне мојата самодоверба за користење на компјутерите	,779				

Примената на ИКТ ги продлабочува знаењата на учениците	,743				
ИКТ ги прави моите наставни содржини многу поинакви	,735				
Примената на ИКТ ги олеснува административните работи	,688				
Со примена на ИКТ презентирањето на наставните содржини се подобрува	,679				
Примената на ИКТ во наставата е голем предизвик за мене	,547				,518
ИКТ ги прави наставните содржини поинтересни за учениците	,540				,535
Примената на ИКТ ја намалува мотивацијата кај учениците		,810			
Примената на ИКТ не е предизвик за мене		,761			
Примената на ИКТ го нарушува учењето кај учениците		,734			
Примената на ИКТ го одвлекува вниманието на учениците во друга насока		,697			
Примената на ИКТ ги прави наставните содржини помалку интересни		,551	,413		
Примена на ИКТ ми одзема многу време во подготовка на наставните содржини			,738		

Примената на ИКТ ги прави наставните содржини потешки		,511	,645		
Примената на ИКТ ги намалува моите способности како наставник		,467	,546		
Хардверските и софтверските проблеми на кои наидувам често го уништуваат мојот час				,815	
Примената на ИКТ е контрапродуктивно поради недостаток на ресурси				,811	
Примената на ИКТ го намалува обемот на наставните содржини					,728

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 6 iterations.

Интерпретацијата на факторите поаѓа од матрицата на факторската структура после спроведената ротација на фактори и идентификување на варијаблите кои имаат високо апсолутно оптоварување на исти фактор.

Издвоени се 5 фактори на 21. варијабла, кои се:

Фактор1: ИКТ ја подобрува, олеснува и јакне мојата позиција како наставник го сочинуваат варијаблите:

- Примената на ИКТ во наставата ги подобрува перспективите на мојата кариера како наставник
- Користењето на ИКТ ме прави помоќен во наставата и училиштето
- Примената на ИКТ го подобрува пристапот кон компјутерите за лична и професионална употреба

- Со примена на ИКТ во наставата јакне мојата самодоверба за користење на компјутерите
- Примената на ИКТ ги продлабочува знаењата на учениците
- ИКТ ги прави моите наставни содржини многу поинакви
- Примената на ИКТ ги олеснува административните работи
- Со примена на ИКТ презентирањето на наставните содржини се подобрува

Фактор2: *Примената на ИКТ ги нарушува учењето и мотивацијата на учениците и не е предизвик за мене го сочинуваат варијаблите:*

- Примената на ИКТ ја намалува мотивацијата кај учениците
- Примената на ИКТ не е предизвик за мене
- Примената на ИКТ го нарушува учењето кај учениците

Примената на ИКТ го одвлекува вниманието на учениците во друга насока

Фактор3: *Примената на ИКТ ги прави моите наставни содржини потешки, неинтересни и ги намалува моите способности како наставник го сочинуваат варијаблите:*

- Примената на ИКТ ги прави наставните содржини помалку интересни
- Примена на ИКТ ми одзема многу време во подготовка на наставните содржини
- Примената на ИКТ ги прави наставните содржини потешки
- Примената на ИКТ ги намалува моите способности како наставник

Фактор4: *Примената на ИКТ е контрапродуктивно поради недостаток на ресурси и хардверските и софтверските проблеми на кои наидувам го сочинуваат варијаблите:*

- Хардверските и софтверските проблеми на кои наидувам често го уништуваат мојот час
- Примената на ИКТ е контрапродуктивно поради недостаток на ресурси

Фактор5: *Примената на ИКТ прави позитивни промени во наставните содржини и е голем предизвик за мене го сочинуваат варијаблите:*

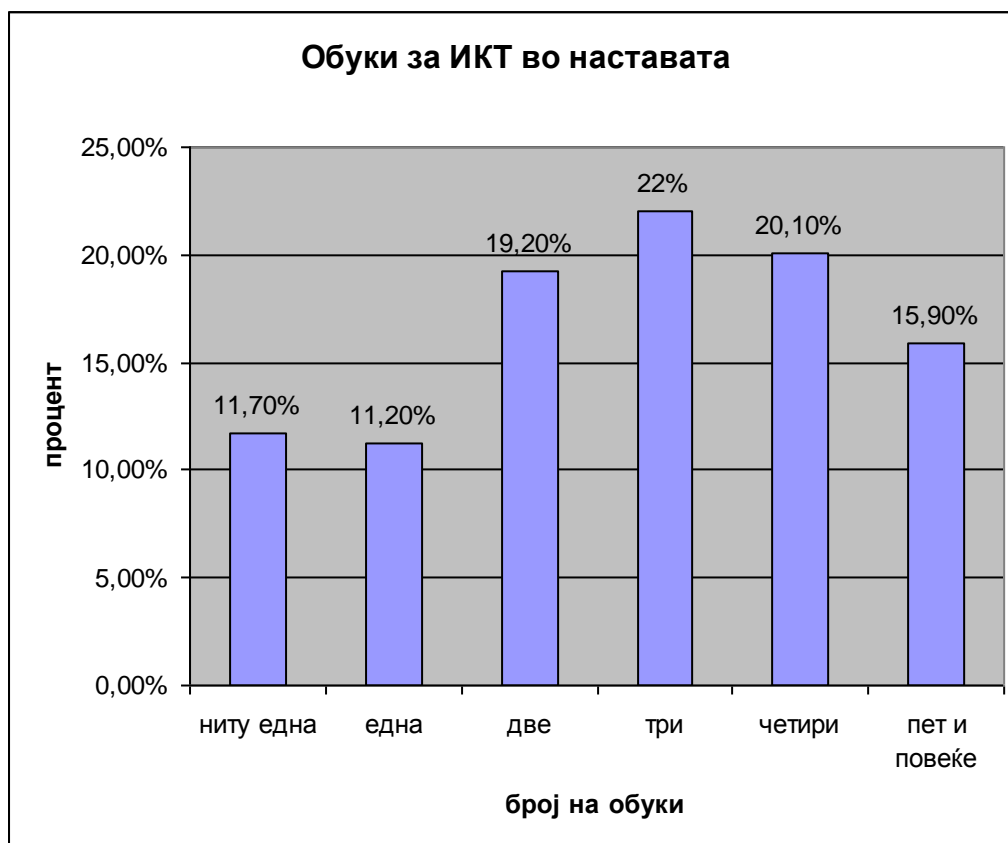
- Примената на ИКТ во наставата е голем предизвик за мене
- ИКТ ги прави наставните содржини поинтересни за учениците
- Примената на ИКТ го намалува обемот на наставните содржини

Лично и професионално усовршување и ИКТ компетенции

Во овој дел ќе се задржиме на обуките за лично и професионално усовршување на наставниците како и нивните начини на усовршување на знаењата и вештините со цел подобрување на нивните ИКТ компетенции.

Досега од повеќе проекти во областа на образованието беа организирани обуки за ИКТ во наставата како за наставниците од предметна, така и за наставниците од одделенска настава, со цел подобрување на знаењата и вештините за работа со компјутер.

Изјаснувањата на наставниците за бројот на обуки за приемена на ИКТ во наставата се прикажани на Слика 4.13. Од тука можеме да видиме дека поголемиот процент на наставниците биле претходно опфатени во обуките за ИКТ во наставата, само мал процент од анкетираните наставници 11,7% не биле на ниту една обука.



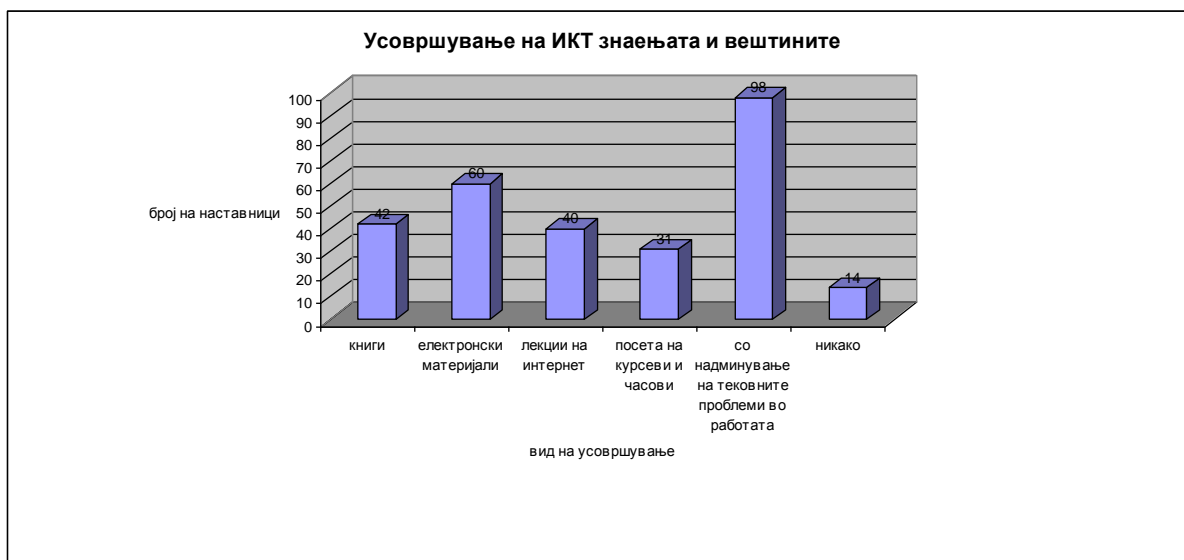
Слика 4.13 Обуки за ИКТ во наставата
Figure 4.13 Training for ICT in teaching

Покрај обуките за ИКТ во наставата, наставниците имаат можност да ги зајакнат своите ИКТ компетенции и со посета на други обуки и курсеви за работа со компјутер. На Слика 4.15 е прикажан процентот на наставници кои посетувале/не посетувале други обуки за работа со компјутер. Од тука може да забележиме дека многу поголем е процентот на наставници кои не посетувале други курсеви и обуки за работа со компјутер, 74%, споредено со процентот на наставници кои посетувале 26%.



Слика 4.14 Посета на други обуки и курсеви за работа со компјутер
 Figure 4.14 The visiting of other teachings and courses in the work with a computer

Постојат многу начини за усовршување на ИКТ знаењата и вештините на наставниците: книги, електронски материјали, лекции на интернет, посета на часови и курсеви како и самостојно надминување на тековните проблеми.



Слика 4.15 Начини на усовршување на ИКТ знаењата и вештините
 Figure 4.15 Ways of development of ICT knowledge and skills

На Слика 4.15 е даден приказот за видот на усовршување што анкетираниите наставници го применуваат. Притоа, најголем број од нив се

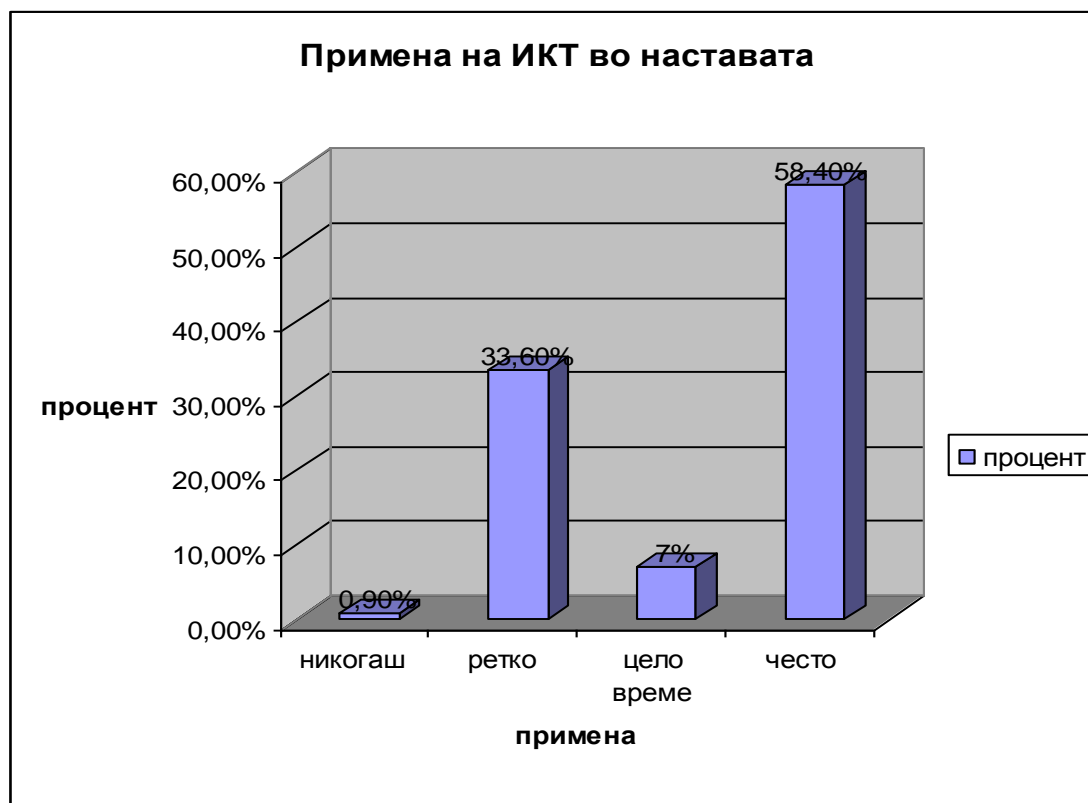
усовршуваат со надминување на тековните проблеми, 98 од анкетираниите 214 наставници, потоа со електронски материјали 60, со лекции на интернет 40, со посета на часови и курсеви 31, а само 14 наставници се изјасниле дека своите вештини не ги упвршуваат никако. Притоа, треба да нагласиме дека некои од наставниците имаат наведено и по неколку начини на усовршување.

4.4. Фреквенција на употреба на ИКТ во наставата

Во претходните делови се испитуваа ИКТ знаењата и вештините кај наставниците, како и факторите кои влијаат, следејќи ја дискусијата овде ќе се разгледа фреквенцијата на употреба на ИКТ во наставата, како и да се разгледа како наставниците можат да бидат охрабрени што почесто да применуваат ИКТ.

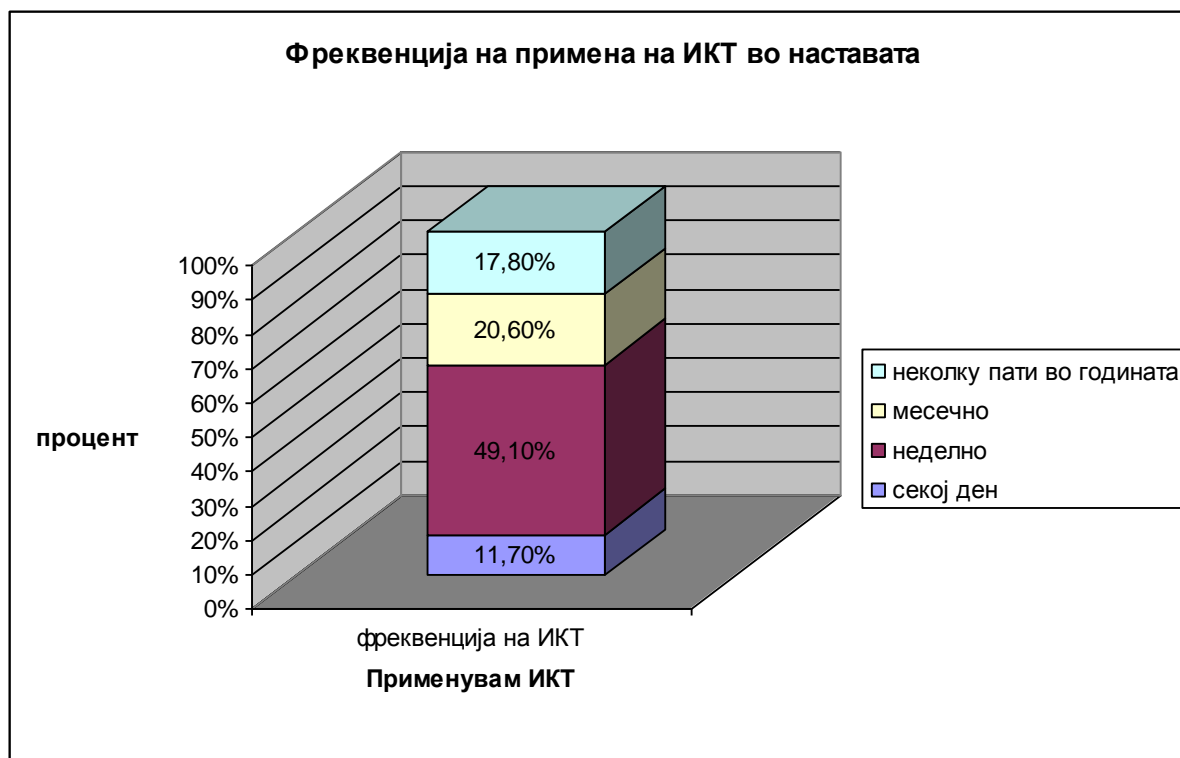
Користење на компјутер во училиштето

На Слика 4.15 е даден графичкиот приказ за примената на ИКТ во наставата. На прашањето: Дали применувате ИКТ во наставата, наставниците требаше да одговорат дали тоа го прават цело време, ретко, никогаш или не знаат што е тоа. Најголем процент од наставниците 58,4% се изјасниле дека тоа го прават често, 33,6% применуваат ИКТ ретко, 7% од анкетираниите наставници применуваат ИКТ цело време, а само 0,9% не применуваат ИКТ за потребите на наставата.



Слика 4.15 Примена на ИКТ во наставата
Figure 4.15 The usage of ICT in education

Истражувањето побара од наставниците кои применуваат ИКТ во наставата и да ја оценат зачестеноста, односно дали применуваат секој ден, неделно, месечно или неколку пати во годината. На Слика 4.16 е прикажана фреквенцијата на користење на ИКТ. Најголем процент 49,10% применуваат неделно, 20,60% применуваат месечно, 17,80% неколку пати во годината, а најмалку, односно 11,70% применуваат ИКТ секој ден. Фреквенцијата на употреба ИКТ во наставата зависи и од природата на предметот што наставникот го предава како и од потребите за примена на ИКТ по наставниот план и програма на наставникот.



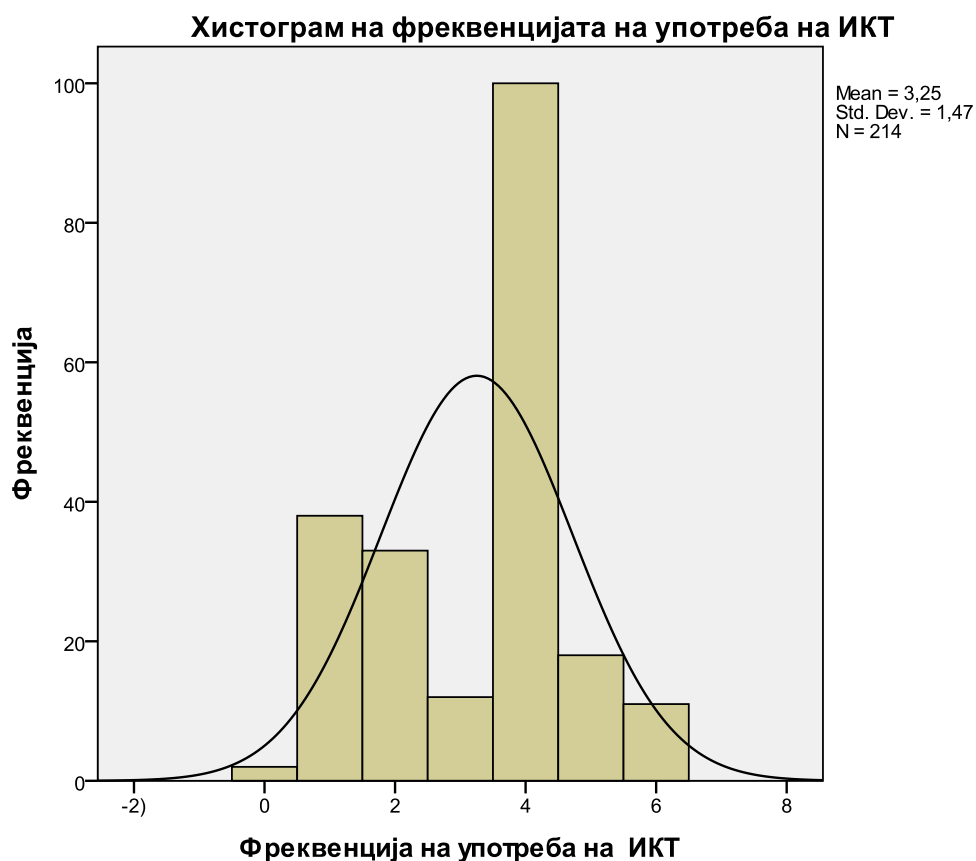
Слика 4.16 Фреквенција за примена на ИКТ
Figure 4.16 The frequency of the usage of ICT

Со цел да се обезбеди полесен начин на примена на статистичките техники, беа сумирани резултатите од анкетниот лист за користење на компјутер во училиштето на наставниците. Секој избор за фреквенцијата на употреба на ИКТ беше бодирани. Вкупниот број на бодови го дава резултатот за фреквенцијата на примена на ИКТ во наставата.

Резултат за фреквенцијата на примена на ИКТ во наставата

За сите 214 наставници, колку што беа анкетирани, беа пресметани вкупниот број на поени на одговорите за примена на ИКТ во училиштето.

Дистрибуцијата на фреквенцијата за примената на ИКТ е прикажана на Слика 4.17.



Слика 4.17 Дистрибуција на фреквенцијата за примена на ИКТ
Figure 4.17 The distribution of the frequency for the usage of ICT

Според резултатите за фреквенцијата на употреба на ИКТ сите наставници можат да се стават во три категории: ниска, средна и висока категорија. Во ниска категорија која ги опфаќа наставниците кои применуваат ИКТ ретко или никогаш и доколку применуваат тоа го прават неколку пати во годината или месечно спаѓаат 34,1% од наставниците. Во средна категорија која ги опфаќа наставниците кои применуваат ИКТ во наставата често спаѓа најголем процент од анкетираниите наставници 52,3%. И во последната висока категорија, наставници кои применуваат ИКТ цело време, односно секој ден спаѓа најмал процент 13,5% од анкетираниите наставници.

Фактори кои влијаат на фреквенцијата на примена на ИКТ во наставата

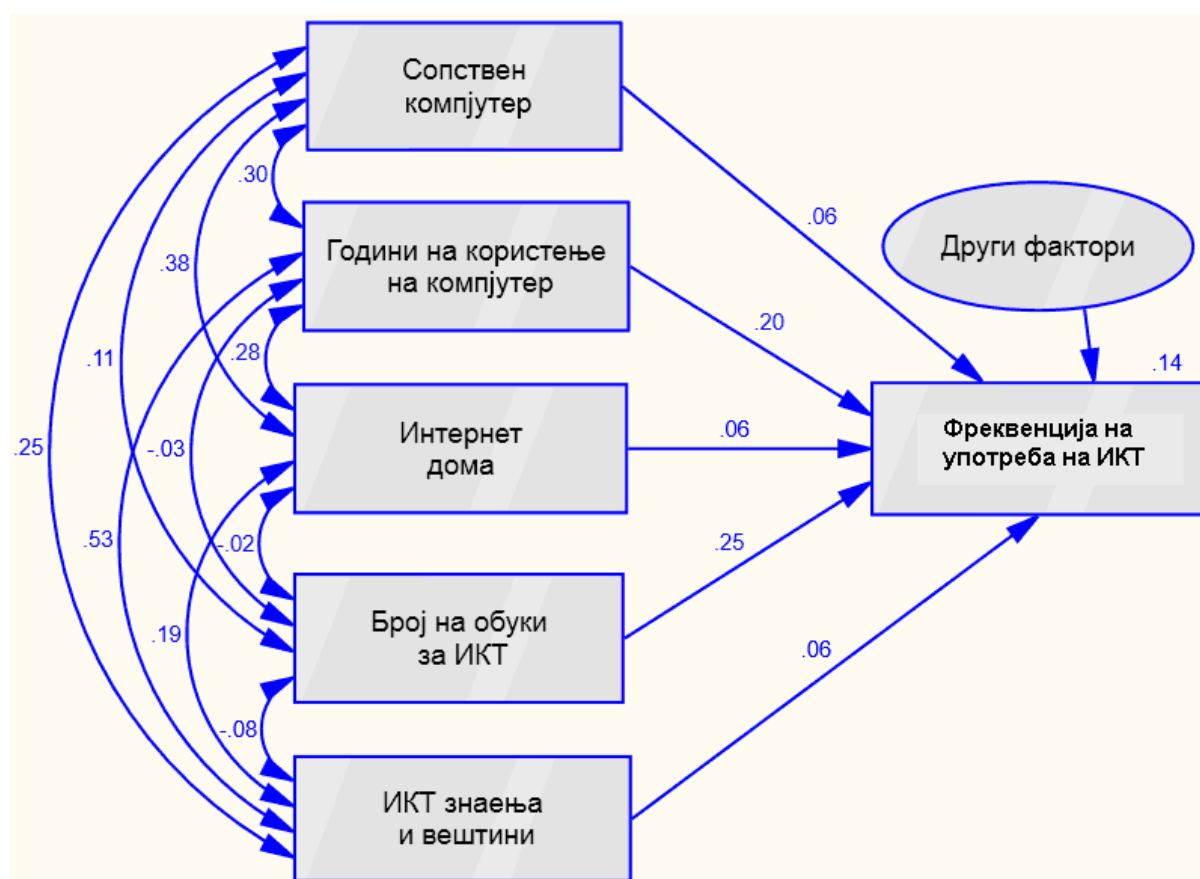
Ќе ги разгледаме факторите кои влијаат на фреквенцијата на примена на ИКТ во наставата.

Демографски фактори и фреквенцијата на примена на ИКТ во наставата

Анализирајќи ги сите демографски фактори како што се: полот, средината, староста, стажот, години работно искуство и вид на наставник не можеме да издвоиме ниту еден демографски фактор кој покажува статистички значајна поврзаност со фреквенцијата на употреба на ИКТ во наставата.

Други фактори кои влијаат на фреквенцијата на примена на ИКТ во наставата

Техниката на моделирање со структурни равенки беше повторно употребена за да се анализира врската помеѓу фреквенцијата на употреба на ИКТ со други фактори.



Слика 4.18 Релативна јачина на влијанието на факторите врз фреквенцијата на употреба на ИКТ

Figure 4.18 The relative strength of influence on the factors on the frequency of usage of ICT

Од Слика 4.18 може да заклучиме дека Број на обуки за ИКТ е фактор со најсилно влијание на фреквенцијата на употреба на ИКТ со јачина од 0.25, потоа Години на користење на компјутер е со јачина 0.20, а останатите три фактори: Сопствен компјутер, Интернет дома и ИКТ знаења и вештини се со јачина од 0.06. Влијанието на други фактори врз ИКТ знаењата и вештините е 0.14.

Кога ги собираме резултатите на сите пет фактори со влијание на фреквенцијата на употреба на ИКТ добиваме вредност 0,63 (од 0 до 1). Тоа значи дека сите овие фактори се 63% од варијансата на фреквенцијата на употреба на ИКТ што укажува на тоа дека овие фактори го опишуваат влијанието врз фреквенцијата на употреба на ИКТ добро.

Табела 4.20 Регресиона тежина на факторите за фреквенција на употреба на ИКТ
Table 4.20 The regression weight of the factors for the frequency if the usage of ICT

Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

		Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
Фреквенција на употреба на ИКТ <---	Сопствен компјутер	.266	.325	.818	.414	
Фреквенција на употреба на ИКТ <---	Години на користење на компјутер	.289	.110	2.636	.008	
Фреквенција на употреба на ИКТ <---	Интернет дома	.373	.464	.804	.421	
Фреквенција на употреба на ИКТ <---	Број на обуки за ИКТ	.238	.060	3.964	***	
Фреквенција на употреба на ИКТ <---	ИКТ знаења и вештини	.002	.003	.758	.449	

Табела 4.20 е табела од текстуалниот приказ на резултатите на AMOS Graphics. Како што можеме да видиме само факторот Број на обуки за ИКТ има позитивен значаен ефект врз фреквенција на употреба на ИКТ, бидејќи вредноста на $p < 0.001$. Години на користење на компјутер има позитивен сигнифициран ефект врз фреквенција на употреба на ИКТ бидејќи $p < 0.05$. Останатите фактори имаат позитивен несигнифициран ефект врз фреквенција на употреба на ИКТ бидејќи нивната p вредност е поголема од 0.05.

Табела 4.21 Преглед на моделот во SPSS
Table 4.21 Overview of the model in SPSS

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,380 ^a	,144	,124	1,376

a. Predictors: (Constant), ИКТ знаења и вештини, Број на обуки за ИКТ, Интернет дома, Сопствен компјутер, Години на користење на компјутер

Табела 4.21 ни го дава прегледот на моделот во SPSS, од каде можеме да видиме дека вредноста на R Square е 0,144, што укажува на добар модел.

Табела 4.22 ANOVA табела за кумулативен ефект во SPSS
Table 4.22 ANOVA table for the cumulative effect on SPSS

ANOVA ^b						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	66,457	5	13,291	7,018	,000 ^a
	Residual	393,917	208	1,894		
	Total	460,374	213			

a. Predictors: (Constant), ИКТ знаења и вештини, Број на обуки за ИКТ, Интернет дома, Сопствен компјутер, Години на користење на компјутер

b. Dependent Variable: Фреквенција на употреба на ИКТ

Како што можеме да видиме од ANOVA табелата кумулативниот ефект е сигнифициран.

Табела 4.23 Табела на коефициентите во SPSS
Table 4.23 Table of coefficients in SPSS

		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
Model		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,060	,479		2,213	,028
	Сопствен компјутер	,266	,329	,058	,808	,420
	Години на користење на компјутер	,289	,111	,204	2,605	,010
	Интернет дома	,373	,470	,056	,795	,428
	Број на обуки за ИКТ	,238	,061	,255	3,917	,000
	ИКТ знаења и вештини	,002	,003	,057	,749	,455

a. Dependent Variable: Фреквенција на употреба на ИКТ

Од Табела 4.23 гледаме дека Beta коефициентите на сите предиктори се позитивни, но сигнифицирани се само Број на обуки за ИКТ и Години на користење на компјутер, останатите фактори се несигнифицирани.

4.5. Ставовите на училишниот менаџмент за примена на ИКТ во наставата

Ставовите и планирањата на училишниот менаџмент секако дека имаат влијание и статистички значителна врска со ИКТ интеграцијата во рамките на учењето.

Во истражувањето кое беше спроведено, наставниците укажаа на степенот до кој тие се согласија за три дадени изјави за планирање на училишниот менаџмент во однос на примената на ИКТ во нивното училиште. Трите изјави беа:

- ❖ Училишниот менаџмент знае и има насока како да се користи ИКТ за подобрување на успехот и учењето на учениците.

- ❖ Училишниот менаџмент ги поддржува наставниците за примена на ИКТ.
- ❖ Доволно ИКТ ресурси се на располагање во училиштето за да ги задоволат потребите на наставниците.

Табела 4.24 Согласувања и несогласувања со ставовите за примена на ИКТ во училиштето (поголема вредност значи поголемо согласување, а помала помало согласување)

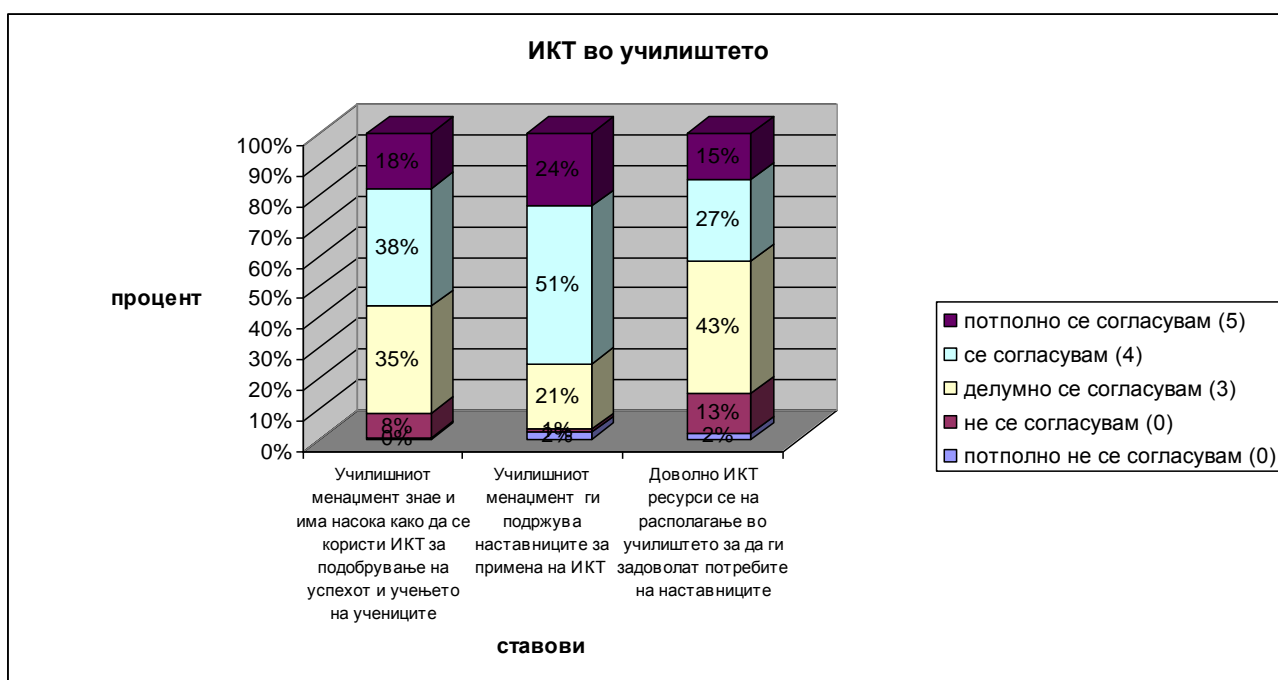
Table 4.24 Agreement and disagreement with the views on the application of ICT in the schools (higher value means more agreement, and lower less agreement)

		Statistics		
		Училишниот менаџмент знае и има насока како да се користи ИКТ за подобрување на успехот и учењето на учениците	Училишниот менаџмент ги поддржува наставниците за примена на ИКТ	Доволно ИКТ ресурси се на располагање во училиштето за да ги задоволат потребите на наставниците
N	Valid	214	214	214
	Missing	0	0	0
Mean		2,66	2,93	2,40
Std. Error of Mean		,060	,057	,065
Median		3,00	3,00	2,00
Mode		3	3	2
Std. Deviation		,883	,837	,957
Variance		,780	,700	,917
Range		4	4	4
Minimum		0	0	0
Maximum		4	4	4

Табела 4.24 ги покажува средните одговори што се однесуваат на ставовите на училишниот менаџмент за примената на ИКТ во училиштето. Секоја од изјавите има средна вредност поголема од 2,40 што укажува на тоа дека повеќето од наставниците се согласуваат или делумно се согласуваат.

Највисока средна оценка 2,93 има ставот Училишниот менаџмент ги поддржува наставниците за примена на ИКТ.

Овие наоди покажуваат дека повеќето од наставниците сметаат дека во училиштето има доволно ресурси за да се задоволат потребите на наставниците, тоа ги поддржува наставниците за примена на ИКТ и се разбира има свој план и стратегија како да се користи ИКТ во наставата со една заедничка цел за сите, подобрување на успехот и учењето на учениците.



Слика 4.25 Училишниот менаџмент за примената на ИКТ
Figure 4.25 School management for the usage of ICT

Од графикот прикажан на Слика 4.25 согласување кое привлекува најмногу внимание е на изјавата дека училишниот менаџмент ги поддржува наставниците за примена на ИКТ од 51%. Потоа, 43% од наставниците делумно се согласуваат на третата изјава. На првата изјава 38% се согласуваат, а 35% делумно се согласуваат. Значи повеќето од изјавите се позитивни.

ДИСКУСИЈА, ЗАКЛУЧОЦИ И ПРЕПОРАКИ

Дискусија за факторите кои влијаат на ИКТ компетенциите

Бидејќи крајната цел е да се постигне повисоко ниво на ИКТ компетенции на наставниците, тогаш водејќи се на факторите кои допринесуваат до тоа се оди чекор напред.

Професионална употреба на ИКТ: Зголемувањето на професионалната употреба на ИКТ позитивно ќе влијае на зголемување на ИКТ компетенциите на наставниците. Клучните области се:

- контактирање на колеги преку интернет
- создавање материјали за часот со користење на веб ресурси, потрошен материјал, софтвер итн.
- администрација

ИКТ капацитет: Продолжување со подобрување на техничката опременост во училиштата која, пак, ќе влијае позитивно на користењето на ИКТ од наставниците. Пристапот до хардверската опрема и компјутерите придонесува до поголем развој на ИКТ компетенциите на наставниците.

Мотивација и ставови на наставниците: Мотивационите ставови на наставниците во целина се позитивни и укажуваат на потреба за мало подобрување.

Обуки на наставниците за табеларни пресметки, мултимедијални презентации, блогови и бази на податоци ќе имаат позитивно влијание врз ИКТ знаењата и вештините на наставниците во тие области.

Дискусија за факторите кои влијаат на фреквенцијата на употреба на ИКТ во наставата

Ако крајната цел е да се постигне повисоко ниво на фреквенцијата на употреба на ИКТ во наставата, тогаш водејќи се на факторите кои придонесуваат до тоа се оди чекор напред.

ИКТ компетенции: со зголемување на ИКТ компетенциите на наставниците се зголемува и фреквенцијата на употреба на ИКТ во наставата.

Години на користење на компјутер: секако дека искуството за работа со компјутер позитивно влијае на зголемување на ИКТ компетенциите на наставниците.

Број на обуки: зголемениот број на обуки, курсеви и друг вид усовршувања ја зголемува и фреквенцијата на употреба на ИКТ во наставата.

Интернет дома: употребата на интернетот и во домот не го ограничува наставникот за работа и подготовка за наставата и придонесува до зголемување на фреквенцијата на употреба на ИКТ во наставата.

Сопствен компјутер: поседувањето на компјутер, секако позитивно влијае во фреквенцијата на употреба на ИКТ во наставата.

Дискусија за основните мотивациони фактори на наставниците за употреба на ИКТ во наставата

Со емпириски истражувања на мотивационите фактори и примена на факторската анализа на собраните податоци се настојуваше големиот број на фактори да се сведат на мал број основни мотивациони фактори на наставниците. Утврдувањето на основните мотивациони фактори на наставниците е важно со цел да се постигне зголемен степен на примена на ИКТ во наставата, а со тоа и зголемена ефикасност и осовременување на наставниот процес.

- Ставовите на наставниците за примена на ИКТ во наставата се позитивни, како и нивните верувања дека ИКТ ја подобрува презентацијата на материјалот, ги прави лекциите поинтересни, ги продлабочува знаењата на учениците, ги олеснува административните работи, ги прави наставните содржини поинакви.
- Секојдневното користење на компјутер за лични потреби има позитивно влијание на користењето на ИКТ во наставата. Наставниците кои редовно користат ИКТ имаат поголема самоверба, нивните перспективи како наставници се подобруваат, тие се помоќни во наставата и училиштето. Ова укажува на тоа дека со дополнителни обуки и курсеви на наставниците со помали ИКТ компетенции ќе се зголеми бројот на наставници кои ќе применуваат ИКТ во наставата.
- Негативните фактори не се доволни за да влијаат на наставниците да не применуваат ИКТ во наставата. Тие не се согласуваат дека ИКТ ја намалува способноста на учениците, го одвлекува вниманието во друга насока, го нарушува учењето кај учениците, ги прави наставните содржини понеинтересни и потешки.
- Овие наоди укажуваат на тоа дека наставниците се убедени во вредноста на користење на ИКТ во наставата. Но, сепак тие и понатаму треба да ги усовршуваат своите знаења и вештини и да ги применуваат секојдневно во современиот наставен процес.

Изработката на овој труд е предмет на понатамошни предизвици, имено:

- Со овој магистерски труд се дава голем придонес на примената на статистичките техники.
- Пионерски во Република Македонија се разгледува и користи SEM како мултиваријациона статистичка техника за обработка на податоци.
- Во нашето истражување техниката SEM беше употребена во областа на образованието, но истата може да се користи во различни области.

- Истражувањето беше направено на репрезентативен примерок во еден регион на Република Македонија, истото може да се прошири и направи на поширок регион и на поголем примерок.

ПРИЛОЗИ

Прилог бр.1



ПРИМЕНА НА ИКТ ВО НАСТАВАТА за наставници во основните училишта



ПРАШАЛНИК

за потребите на истражување за магистерскиот труд
„Моделирање со структурни равенки и примена“

Ви благодарам за издвоеното време да одговорите на прашањата дадени во анкетниот лист. Анкетата е анонимна, а податоците ќе бидат искористени во истражувањето кое го спроведувам за мојата магистерска работа.

Прочитајте ги прашањата внимателно и одговорете објективно, со цел да се проценат вистинските ИКТ знаења и вештини што ги поседуваат наставниците во основните училишта и да се дадат понатамошни правци на

I. Општи информации

1. Во каква средина е вашето училиште?
 - урбана
 - рурална
2. Колку години имате?
 - <25
 - 26-35
 - 36-45
 - 46-55
 - >56
3. Колку години работите како наставник?
 - <5
 - 6-10
 - 11-15
 - 16-20
 - 21-25
 - >26

4. Заокружете го вашиот пол!

- машки
- женски

5. Работите како

- одделенски наставник
- предметен наставник

(ако сте предметен наставник запишете го предметот што го предавате)

II. Користење на компјутер за лични потреби

1. Дали имате компјутер освен ASUS лаптопот доделен на наставниците во сите училишта?

- ДА
- НЕ

2. Каков компјутер имате?

- десктоп
- лаптоп
- таблет

3. Дали имате интернет во вашиот дом?

- ДА
- НЕ

4. Колку години користите компјутер за лични потреби?

- 1-3
- 4-6
- 7-10
- >10

III. Лично и професионално усовршување

1. На колку обуки за ИКТ во наставата сте биле?

- ниту една
- една
- две
- три
- четири
- пет и повеќе

2. Дали сте посетувале други обуки или курсеви за работа со компјутер освен обуките организирани во училиштето?

- ДА
- НЕ

3. Како ги усовршувате своите вештини за работа со компјутер?
- книги
 - електронски материјали
 - лекции на интернет
 - посета на курсеви и часови
 - со надминување на тековните проблеми во работата
 - никако

IV. Користење на компјутер во училиштето

1. Дали применувате ИКТ во наставата?
- цело време
 - често
 - ретко
 - никогаш
 - незнам што е тоа
2. Ако применувате колку често го правите тоа?
- секој ден
 - неделно
 - месечно
 - неколку пати во текот на учебната година
3. Што користите во наставата?
- пакет програми за канцелариска работа
 - апликации за предмети од природните науки од Edubuntu
 - e-mail
 - училишен портал www.schools.edu.mk
 - други веб ресурси
 - ToolKID образовен софтвер
 - образовен пакет GCompris
 - зелен пакет- junior
4. Какви компјутери користите во наставата?
- персонални десктоп компјутери
 - тенки клиенти со Edubuntu оперативен систем
 - Classmate PC-a
 - ASUS лаптоп за наставници
5. Што од хардверска опрема користите во училиштето?
- компјутер
 - LCD проектор
 - печатар
 - скенер
 - веб камера
 - DVD player

- видео
 - телевизор
6. Компјутерот за потребите на училиштето го користам за:
- пополнување на е-дневникот
 - за изработка на тестови и наставни ливчиња
 - за водење евиденција за постигањата на учениците
 - за изработка на наставните планови
 - за подготовка на наставните содржини

СКАЛИ НА ПРОЦЕНКА

V. Мотивација за користење на ИКТ во наставата

На секој од следните ставови наведете го степенот до кој се согласувате/не се согласувате.

Мотивациони ставови	потполно не се согласувам (0)	не се согласувам (1)	делумно се согласувам (2)	се согласувам (3)	потполно се согласувам (4)
ИКТ ги прави наставните содржини поинтересни за учениците					
Примената на ИКТ во наставата е голем предизвик за мене					
Со примена на ИКТ презентирањето на наставните содржини се подобрува					
Примената на ИКТ ги олеснува административните работи					
ИКТ ги прави моите наставни содржини многу поинакви					
Со примена на ИКТ во наставата јакне мојата самодоверба за користење на компјутерите					
Примената на ИКТ го подобрува пристапот кон компјутерите за лична и професионална употреба					

Примената на ИКТ во наставата ги подобрува перспективите на мојата кариера како наставник					
Примената на ИКТ ги продлабочува знаењата на учениците					
Користењето на ИКТ ме прави помокен во наставата и училиштето					
Примената на ИКТ е контрапродуктивно поради недостаток на ресурси					
Хардверските и софтверските проблеми на кои наидувам често го уништуваат мојот час					
Мотивациони ставови	потполно не се согласувам (0)	не се согласувам (1)	делумно се согласувам (3)	се согласувам (4)	потполно се согласувам (5)
Примена на ИКТ ми одзема многу време во подготовка на наставните содржини					
Примената на ИКТ ги прави наставните содржини потешки					
Примената на ИКТ ги прави наставните содржини помалку интересни					
Примената на ИКТ го намалува обемот на наставните содржини					
Примената на ИКТ ја намалува мотивацијата кај учениците					
Примената на ИКТ го нарушува учењето кај учениците					
Примената на ИКТ не е предизвик за мене					
Примената на ИКТ го одвлекува вниманието на учениците во друга насока					

Примената на ИКТ ги намалува моите способности како наставник					
---------------------------------------------------------------	--	--	--	--	--

VI. ИКТ знаења и вештини

За секој од наведените видови софтвер чекирајте ги вештините што ги поседувате, а ако никогаш не сте го работеле тоа означете: „Никогаш не сум го работел“.

1. Навигација во оперативен систем

Зачувувам фајл во даден фолдер	
Креирам и именувам нов фолдер	
Отворам постоечки фолдери и работам во нив	
Копирам, отсекувам, бришам и преименувам фолдери и фајлови	
Работам во различни фолдери и драјвови (диск, USB,...)	
Препознавам видови фајлови	
Компресирам и декомпресирам фајлови	
Инсталирам софтвер	
Ги користам Help фајловите	
Никогаш не сум работел	

2. Електронска пошта

Ги отворам пораките	
Креирам и испраќам порака	
Внесувам контакти	
Ги наоѓам испратените и избришаните пораки	
Прикачувам фајлови на пораката	
Одговарам на пораката	
Препратувам порака	
Никогаш не сум работел	

3. Интернет

Отворам познати веб сајтови	
Умеам да правам основни пребарувања	
Користам напредно пребарување	
Превземам слики, текстови и ги зачувувам	
Превземам и инсталирам софтвер	
Организирам омилен страници и ставам ознаки	
Ги менувам параметрите на прелистувачот	
Работам во повеќе прелистувачи	
Никогаш не сум работел	

4. Уредувач на текст (Word, OpenOffice Writer,...)

Креирам нов документ	<input type="checkbox"/>
Отворам постоечки документ	<input type="checkbox"/>
Зачувувам документ	<input type="checkbox"/>
Форматирам текст	<input type="checkbox"/>
Променувам фонт	<input type="checkbox"/>
Вметнувам заглавје и подножје на страницата	<input type="checkbox"/>
Вметнувам број на страни	<input type="checkbox"/>
Вметнувам слика	<input type="checkbox"/>
Вметнувам табела	<input type="checkbox"/>
Го променувам поставувањето на страната	<input type="checkbox"/>
Ги променувам маргините на страната	<input type="checkbox"/>
Вметнувам автоматско набројување	<input type="checkbox"/>
Печатам документ	<input type="checkbox"/>
Никогаш не сум работел	<input type="checkbox"/>

5. Мултимедијални презентации (Power Point, OpenOffice Impress,...)

Креирам нова презентација	<input type="checkbox"/>
Отворам и уредувам постоечка презентација	<input type="checkbox"/>
Променувам фонт и изглед на слајд во презентација	<input type="checkbox"/>
Вметнувам слика	<input type="checkbox"/>
Можам да активирам презентација и да се движам напред-назад во текот на презентирањето	<input type="checkbox"/>
Вметнувам премин меѓу слајдови и анимација на објектите	<input type="checkbox"/>
Вметнувам звук и видео	<input type="checkbox"/>
Вметнувам хиперврска	<input type="checkbox"/>
Вметнувам временски параметри	<input type="checkbox"/>
Никогаш не сум работел	<input type="checkbox"/>

6. Табеларни пресметки (Excel, OpenOffice Calc,...)

Креирам нова табела и внесувам податоци во неа	<input type="checkbox"/>
Отворам постоечка табела и правам промени во неа	<input type="checkbox"/>
Правам пресметки со некои од готовите функции	<input type="checkbox"/>
Правам пресметки со формула	<input type="checkbox"/>
Форматирам ќелии во табела	<input type="checkbox"/>
Вметнувам и бришам редици и колони	<input type="checkbox"/>
Сортирам ќелии	<input type="checkbox"/>
Вметнувам графикон	<input type="checkbox"/>
Работам со повеќе работни листови	<input type="checkbox"/>
Користам филтрирање	<input type="checkbox"/>
Користам условно форматирање	<input type="checkbox"/>
Никогаш не сум работел	<input type="checkbox"/>

7. Блогови

Користам и креирам блогови за потребите на наставата	
Никогаш не сум работел	

8. Бази на податоци

Работам со бази на податоци за потребите на наставата	
Никогаш не сум работел	

VII. ИКТ во училиштето

Примена на ИКТ во училиштето	потполно не се согласувам (0)	не се согласувам (1)	делумно се согласувам (3)	се согласувам (4)	потполно се согласувам (5)
Училишниот менаџмент знае и има насока како да се користи ИКТ за подобрување на успехот и учењето на учениците					
Училишниот менаџмент ги поддржува наставниците за примена на ИКТ					
Доволно ИКТ ресурси се на располагање во училиштето за да ги задоволат потребите на наставниците					

Ви благодарам!

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Atanasova-Pacemska, T., Dimitrieva, E., and Pacemska, S. (2013). *Using of statistical methods in the making decision process in some Macedonian companies*. XI Balkan Conference on operational Research, Conference Proceedings, 1 (1): 800-807.
- [2] Atanasova-Pacemska, T., and Petrovska, S. (2007). *The integration of e-learning in the curriculum methodology of educational work in mathematics*. Information Technology Education (4) (pp. 255-260).
- [3] Atanasova-Pacemska, T. (2006). *Curriculum revision and ICT integration*. In: Proceedings of The Third International Conference Informatics, Educational Technology and New Media in Education, Sombor: (pp. 46-49).
- [4] Atanasova-Pacemska, T. (2012). *Structural equation modeling and application in data analyzing*. In: Invitation lecture, January 2012, University of Zagreb – Faculty of Food Technology and Biotechnology.
- [5] Akaike, H. 1987. "Factor analysis and AIC". Psychometrika 52(3):317-332.
- [6] Ben Yousse, A., Ben Youssef, H., Dahmani, M., (2010). Information and Communication Technologies, E-competences and Innovation: The Role of Higher Education Teachers in the innovation process (A case study of Tunisia).
- [7] Boik, R.J., Shirvani, A., (2009). Principal components on coefficient of variation matrices, Statistical Methodology, Vol 6., Issue 1.
- [8] Bakarić – Rašić, I., (2009). Primjena faktorske i klaster analize u otkrivanju regionalnih nejednakosti, Privredna kretanja i ekonomska politika, Zagreb, Vol. 15, No. 105.
- [9] Bagozzi, R.; Yi, Y. (2012). Specification, evaluation, and interpretation of structural equation models. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 40 (1), 8–34.

- [10] Bollen, K. A ., (1989). *Structural Equations with Latent Variables*. Wiley
- [11] Carlos E. Godoy Rodríguez. (2006). Educative uses of ICT, technological skills and academic performance of the Venezuelan university students (Barinenses): A causal perspective, *International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology (IJEDICT)*, 2006, Vol. 2, Issue 4, pp. 2843.
- [12] Cox, M., Preston, C., and Cox, K. (1999). *What factors support or prevent teachers from using ICT in their classrooms?* British Educational Research Association Annual Conference, University of Sussex, Brighton, September 2-5 URL: <http://www.leeds.ac.uk/educol/documents/00001304.htm>.
- [13] Cox, M., Preston, C., and Cox, K. (1999). *What Motivates Teachers to Use ICT?* British Educational Research Association Annual Conference, University of Sussex, Brighton, September 2-5 URL: <http://www.leeds.ac.uk/educol/documents/00001329.htm>.
- [14] Confirmatory Factor Analysis URL: http://www.openaccesstexts.org/pdf/Quant_Chapter_09_cfa.pdf
- [15] Diana D. Suhr, Ph.D. University of Northern Colorado, Exploratory or Confirmatory Factor Analysis? URL: <http://www2.sas.com/proceedings/sugi31/200-31.pdf>
- [16] Ellsworth, J., (1996). *Internet business book*, John Wiley and sons, New York.
- [17] Exploratory Factor Analysis URL: http://www.openaccesstexts.org/pdf/Quant_Chapter_11_efa.pdf
- [18] Grace, J. (2006). *Structural Equation Modeling and Natural Systems*, Cambridge Univ. Press.
- [19] Goktas, Y., Yildirim, Z., & Yilidrim, S. (2009). Investigation of K-12 Teachers' ICT Competencies and the Contributing Factors in Acquiring these Competencies. *The New Educational Review*, 17(1), 276-294.

- [20] Hakkarainen K., Muukonen H., Lipponen L. et al.: Teachers' Information and Communication Technology (ICT) Skills and Practices of Using ICT, *Journal of Technology and Teacher Education*, Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), jun 2001.
- [21] Haerdle, W., Hlavka, Z. (2007). *Multivariate statistics: excercises and solutions*, Springer, New York.
- [22] Hutinski, Ž., Aurer, B., (2009). Informacijska i komunikacijska tehnologija u obrazovanju: stanje i perspektive *Informatologia* 42, 4, 265–272.
- [23] Ho, R.: *Handbook of Univariate and Multivariate Data Analysis and Interpretation with SPSS*, Chapman & Hall / CRC, Boca Raton, 2006.
- [24] Iiev, D., and Atanasova-Pacemska, T. (2012). [Teacher Competences between Yesterday and Tomorrow-Macedonian Case Study](#). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, No46 (1) (pp. 2294-2296).
- [25] Introduction to Structural Equations with Latent Variables URL:
<http://www.math.wpi.edu/saspdf/stat/chap14.pdf>
- [26] Jones & Bartlett Learning, *Factor Analysis, Path Analysis, and Structural Equation Modeling*
URL:http://www.jblearning.com/samples/0763755486/55485_CH14_Walker.pdf
- [27] J.B. Schreiber, F. K. Stage, J. King, A. Nora, E. A. Barlow, Reporting Structural Equation Modeling and Confirmatory Factor Analysis Results: A Review
URL:<http://faculty1.ucmerced.edu/sdepaoli/docs/Schreiber%20et%20al%20CFA%20and%20SEM%20Intro.pdf>
- [28] Kovačić, J., Z., (1994). *Multivarijaciona analiza*, Ekonomski fakultet, Beograd.
- [29] Kaplan, D (2000) *Structural Equation Modeling: Foundations and Extensions*. SAGE, Advanced Quantitative Techniques in the Social Sciences series, vol. 10

- [30] Kline, R. B. (2010) *Principles and Practice of Structural Equation Modeling (3rd Edition)*. The Guilford Press.
- [31] Loveless A., Dore B., (2002). ICT in the primary school. Learning and teaching with ICT. Buckingham: Open University Press.
- [32] Mandic, D., Ristic, M., (2003). Web portali I obrazovanje na daljinu u funkciji podizanja kvaliteta nastave, Mediagraf, Beograd.
- [33] Мандић, П. Ђ; Мандић, Д. , (1997). Образовна информациона технологија, Београд, Образовна informaciona tehnologija, Beograd.
- [34] Мандић, П., (1972). Иновације у настави и њихов педагошки смисао, Сарајево.
- [35] Morison, D.F.: *Multivariate statistical methods*, McGraw-Hill, New York, 1990.
- [36] Mudasiru, O. Y. (2005). *Information and communication technology and education: Analysing the Nigerian national policy for information technology*. International Education Journal, 6(3): 146-321.
- [37] Ministry of Education and Science. (2005). Draft program for the development of ICT in education (2005-2015). URL:
<http://www.npro.edu.mk/dokumenti/PROGRAMI/IKT.pdf>
- [38] Ploj, M., Virtič, Mateja Pšunder, (2009). The computer as a modern form of communication in the educational process from the teachers` point of view, Informatologia 42, 1, 10-17.
- [39] Plomp T., Brummelhuis A. C. A., Rapmund R., (1996). Teaching and learning for the future, *Report of the Committee on MultiMedia in Teacher Training (COMMITT)*, Den Haag: SDU.
- [40] Pallant, J., (2003). *SPSS Survival Manual*, Open University Press, Maidenhead.
- [41] Primary Education Project PEP USAID, URL:
http://www.pep.org.mk/en/ict/ict_index.htm

- [42] Silván M., (1999). A model of adaptation to a distributed learning environment, Pro Gradu Thesis in Education Autumn Semester 1999 Department of Education University of Jyväskylä.
- [43] Structural Equation Models, Appendix to An R and S-PLUS Companion to Applied Regression John Fox January 2002 URL: <http://cran.r-project.org/doc/contrib/Fox-Companion/appendix-sems.pdf>
- [44] Spicer, J., (2005). Making sense of multivariate data analysis, Sage publications, London.
- [45] Structural Equation Models URL: http://www.openaccesstexts.org/pdf/Quant_Chapter_10_sem.pdf
- [46] Sotirovic, V., (2004). Informaticke tehnologije, Tehnicki fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin.
- [47] Teacher ICT skills: evaluation of the Information and Communication Technology (ICT) knowledge and skills levels of the Western Australian government school teachers. (2006). East Perth WA, Department of Education and Training.
- [48] The Basics of Structural Equation Modeling Diana Suhr, Ph.D. University of Northern Colorado URL: <http://www.lexjansen.com/wuss/2006/tutorials/tut-suhr.pdf>
- [49] USAID. (2006). Survey on the use of computers and Internet in Macedonia, Skopje. URL: <http://macedonia.usaid.gov/Documents/Internet%20and%20Computer%20Usage%20Report%206%20MK.pdf>
- [50] Употребата на компјутери и интернет во образовниот систем на РМ URL: http://www.soros.org.mk/dokumenti/Izvestaj_Metamorfozis_FIOOM_062010.pdf
- [51] Vitanova V., Atanasova - Pachemska T. (2014). *Determining the basic motivational factors of teachers to use ict in their teaching using factor analysis,*

IMVI OMEN, ISSN (p) 2303-4882, ISSN (o) 1840-4383. URL:

<http://www.imvibl.org/omen4.htm>

[52] Vitanova V., Atanasova-Pachemska T., Iliev D., Pachemska S. (2014). *Factors affecting the development of ICT competencies of teachers in primary schools*, WCES 2014, презентирани и прифатени за објавување во Procedia-Social and Behavioral Sciences Journal (ISSN: 1877-0428).

[53] What is Structural Equation Modeling? URL:

<http://www2.gsu.edu/~mkteer/sem.html>

[54] Živadinović, K., N., Utvrđivanje osnovnih karakteristika proizvoda primenom faktorske analize, Ekonomski pregled 55, Zagreb, 2004.

ВАСИЛКА ВИТАНОВА

**МОДЕЛИРАЊЕ СО СТРУКТУРНИ РАВЕНКИ И
ПРИМЕНА**

Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип