

**УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ – ШТИП**  
**ФАКУЛТЕТ ЗА ИНФОРМАТИКА**  
**КОМПЈУТЕРСКА ТЕХНИКА И ИНФОРМАТИКА**



**ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА**

**ПРИМЕНА НА КОМБИНИРАН МЕТОД ОД ТЕХНИКИ ЗА МАТЕМАТИЧКА  
ОПТИМИЗАЦИЈА ВО ПРОЦЕСОТ НА ЕВАЛУАЦИЈА НА СТУДИСКИ  
ПРОГРАМИ ВО ВИСОКОТО ОБРАЗОВАНИЕ**

**М-Р РИСТЕ ТИМОВСКИ**

**Штип, февруари 2022**

**Интерен ментор: проф. д-р Татјана Атанасова-Пачемска**

Редовен професор, Факултет за информатика  
Универзитет „Гоце Делчев“ од Штип

**Екстерен ментор: проф. д-р Бети Андоновиќ**

Редовен професор, Технолошко-металуршки факултет  
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ – Скопје

**Членови на комисија за оценка и одбрана:**

**Претседател**

**проф. д-р Блажо Боев , академик**

Редовен професор, Факултет за природни и технички науки  
Универзитет „Гоце Делчев“ од Штип

**Член**

**проф. д-р Бети Андоновиќ**

Редовен професор, Технолошко-металуршки факултет  
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ – Скопје

**Член**

**проф. д-р Зоран Трифунов**

Редовен професор, Факултет за технички науки  
Универзитет „Мајка Тереза“ - Скопје

**Член**

**проф. д-р Зоран Здравев**

Редовен професор, Факултет за информатика  
Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип

**Член**

**проф. д-р Татјана Атанасова-Пачемска**

Редовен професор, Факултет за информатика  
Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип

**Научно поле:**

**110 Информатика**

**109 Математика**

**212 Компјутерска техника и информатика**

**Научна област:**

**11002 Информациони системи и програмирање**

**11008 Оптимизација**

**11009 Симулација**

**10912 Применета математика и математичко моделирање**

**21204 Обработка на информации**

Датум на одбрана: 25.02.2022

Датум на промоција: \_\_\_\_\_

## **БЛАГОДАРНОСТ**

На моите мама, тато и брат, за љубовта, другарството и безусловната верба. Благодарам што ме правите посилен без да бидете свесни за тоа...

На професорката, за мотивацијата, ведрината, енергијата и соработката без кои овој маратон немаше да биде завршен...

На Ема, за вниманието, поддршката и трпеливоста за кои некогаш ќе се оддолжам...

На Владе, за постојаниот академски натпревар кој продолжува и понатаму...

## **ПОСВЕТА**

На Деа, најмилата, затоа што ги смени нашите животи и не' направи најбогати...

## ОБЈАВЕНИ НАУЧНИ ТРУДОВИ

**Timovski, Riste** and Atanasova-Pacemska, Tatjana (2022). ***Evaluation of the methodological aspect of teaching in higher education using MCDM technique.*** South East European Journal of Sustainable Development, Vol. 6.1/2022, ISSN (online) 2545-4471., accepted for publication.

**Timovski, Riste** and Atanasova-Pacemska, Tatjana (2021). ***Determination of the study program courses contribution to the provided qualifications in relation with the labor market needs using AHP.*** Journal of Educational Sciences, Theory and Practice, Vol.16, No.2, 2021, ISSN 1857-8705 (Online).

**Timovski, Riste** and Atanasova-Pacemska, Tatjana and Chelik, Mahmut (2021). ***Methodological evaluation of the study program Turkish language and literacy using operation research.*** Hikmet – Journal of Academic Literature 35, December 2021, e-ISSN: 2458-8636.

**Timovski, Riste** and Atanasova-Pacemska, Tatjana (2021). ***Application of new mathematical models in the higher education evaluation process.*** South East European Journal of Sustainable Development, Vol. 5 (3/2021), 102-111. ISSN (online): 2545-4471

**Timovski, Riste** and Atanasova-Pacemska, Tatjana and Aleksov, Borco (2020). ***Using World Reference Level (WRL) in the Process of Recognizing the Learning Outcomes – Case study.*** XI International Conference of Information Technology and Development of Education ITRO 2020. pp. 102-106. ISSN 978-86-7672-341-6

Atanasova-Pacemska, Tatjana and **Timovski, Riste** (2020). ***Reliable and Automated Recognition of HE Qualifications and More – A New IT Approach.*** In: Proceedings / TIE 2020 [i. e.] 8th International Scientific Conference Technics and Informatics in Education, Čačak, 18-20 Sept 2020. University of Kragujevac, Faculty of Technical Sciences, Čačak, pp. 72-76. ISBN 978-86-7776-247-6

Atanasova-Pacemska, Tatjana and **Timovski, Riste** and Lapevski, Martin and Rushiti, Agim (2017) ***Two-layer Quality Analysis of University Study Program Subjects Using DEA and AHP.*** In: Proceedings of papers / VIII International Conference on Information Technology and Development of Education ITRO 2017. University of Novi Sad, Technical faculty „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin, Republic of Serbia, Zrenjanin, pp. 277-283. ISBN 978-86-7672-302-7

**Timovski, Riste** and Atanasova-Pacemska, Tatjana and Rusiti, Agim and Sarac, Vasilija (2015) ***Several aspects of measuring performance of university study cycles using DEA.*** Proceeding from International Conference on Information Technology and Development of Education – ITRO, June, 2015. Zrenjanin, Republic of Serbia, 7. pp. 8-13.

Atanasova-Pacemska, Tatjana and Lapevski, Martin and **Timovski, Riste** (2015). ***Application of the AHP in the process of selection of the best mathematical software solutions***. In: SYM OP IS 2015, Proceedings of the XLII International Symposium on Operational Research. Matematički Institut, SANU, Beograd, pp. 655-658. ISBN 978-86-80593-55-5

Atanasova-Pacemska, Tatjana and Lapevski, Martin and **Timovski, Riste** (2014). ***Analytical Hierarchical Process (AHP) method application in the process of selection and evaluation***. In: UNITECH '14 - International Scientific Conference, 21-22 Nov 2014, Gabrovo, Bulgaria.

## **НАСЛОВ: ПРИМЕНА НА КОМБИНИРАН МЕТОД ОД ТЕХНИКИ ЗА МАТЕМАТИЧКА ОПТИМИЗАЦИЈА ВО ПРОЦЕСОТ НА ЕВАЛУАЦИЈА НА СТУДИСКИ ПРОГРАМИ ВО ВИСОКОТО ОБРАЗОВАНИЕ**

**Краток извадок:** Еден од најважните столбови на општествениот живот и напредок, насекаде во светот, е образовниот систем, каде посебен акцент има високото образование. Истиот претставува основен генератор на знаења и го дефинира во целост целокупниот иден развој на една држава. Во тој контекст, од мошне големо значење е да се обезбеди што е можно поквалитетен производ од образовните процеси, во насока на обезбедување на квалитетна работна сила, а со тоа и квалитетен живот. Имајќи го ова во предвид, неопходно е да се воспостави механизам кој ќе овозможи континуирано мерење на перформансите на образовниот систем, односно неговите институции и елементи, лоцирање на сите добри и лоши страни (ефикасните и помалку ефикасните делови на мозаикот), со што ќе се креира платформа која ќе понуди/предложи чекори за подобрување на квалитетот на системот или неговите составни елементи и процеси со посебен осврт на високото образование, а во насока на создавање на кадар кој ќе има подобри вештини, знаења и компетенции предвидени со студиските програми и лесни за (пре)познавање на домашниот или странскиот пазар на труд. Градењето на соодветна стратегија е клучна за успехот на универзитетите, доколку истите тежнеат да бидат напредни и конкурентни. Креирањето на стратегијата за развој, како и планирањето на ресурсите на универзитетите најчесто претставува колективен труд кој е резултат на консензус. Тоа е сложен процес кој вклучува поставување на цели во насока на постигнување на стратешката визија за развој, каде е неопходно постоење на алатки и механизми за евалуација и споредба на различните опции, постигнати резултати и приоритизација на целите и чекорите за иден развој.

Бројот на фактори и засегнати страни (директни и индиректни) кои го дефинираат квалитетот во високото образование е неверојатно голем. Постои голема дискусија за природата и важноста на сите тие различни фактори. Перцепцијата на различните нивоа на важност во поглед на различните фактори е мошне различна меѓу засегнатите страни (студенти, наставници, администрација, правни/државни субјекти, пазар на труд). Секако дека и во рамките на нашето законодавство (следејќи ги препораките на Европската

област за високо образование - ЕНЕА) јасно и обврзувачки е наведено дека секој високообразовен систем, односно неговите институции имаат обврска да имплементираат систем за контрола и управување со квалитет, што како активност е потребно да се реализира во специфични временски периоди и во насока на целосна оптимизација на институциите, а со тоа и на образовниот систем. Она што недостасува е прецизна дефиниција за начинот на реализација, применетите техники и методи кои е потребно да се користат, кои параметри е важно да се земат во предвид (имаат големо влијание на квалитетот), кој е опсегот и природата на промена на тие параметри и многу други прашања и дилеми кои мора да се разрешат во овој контекст. Во денешно време во светот и кај нас, пристапот на дефинирање на квалитетот на високото образование има прилично наративна природа, со што се создава мала веројатност и можност за креирање на јасна слика за моменталната состојба во рамките на високото образование, брзо лоцирање на слабите точки и дефиниција на активности во насока на итно подобрување, онаму каде што е потребно.

Главната цел на овој докторски труд е да го определи мноштвото на фактори и параметри кои го дефинираат квалитетот на високото образование во поглед на студиските програми како точка на концентрација на истите, да изгради пристап за толкување за важноста на различните фактори и параметри, да ги вмрежи овие фактори и параметри од различна природа во еден сеопфатен модел на мерење на нивната меѓусебна интеракција врз основа на причината за нивното вклучување во овој контекст и на самиот крај, да произведе резултати и излезни решенија што ќе иградат јасна слика за моменталната состојба во рамките на множеството од важни аспекти кои го дефинираат квалитетот во високото образование во поглед на студиските програми. Таквото вмрежување ќе генерира прецизна препорака за тоа кои чекори е потребно да се преземат во насока на надминување на детектираните слаби точки во поглед на студиските програми како точка на концентрација на тие параметри и фактори, а во насока на зголемување на неговиот квалитет. За оваа цел, ќе се примени комбинација од две техники за математичка оптимизација - Анализа на обвивка на податоци (Data Envelopment Analysis, DEA) и Аналитички процес на хиерархија (Analytical Hierarchy Process, AHP). Имајќи ги предвид сите придобивки од овие техники и изградениот пристап, создаден е модел со придобивки од повеќе страни, врз база на интеграцијата на

голем број фактори што влијаат на квалитетот на високото образование. Овој модел е скалабилен и применлив во широк спектар на аспекти, како што се студиски програми, факултети, универзитети, образовен систем во една држава или пошироко. Една од целите во контекст на градењето на ваков модел за контрола на квалитет е да се направат значителни промени во начинот на размислување за тоа како може да се управува со квалитетот во високото образование, почитувајќи ја законодавната и напуштајќи ја наративната природа на сегашниот контекст за квалитет.

### **Клучни зборови**

DEA – Data Envelopment Analysis (оптимизациска техника)

AHP – Analytic Hierarchy Process (оптимизациска техника)

ВО – Високо образование

EHEA – European Higher Education Area / Подрачје на европско високо образование

BP – Bologna Process / Болоњски процес

QA in HE – Quality Assurance in Higher Education / Обезбедување (контрола, управување) на (со) квалитет во високо образование

P2P – Peer-to-peer – децентрализирана платформа каде два субјекта директно стапуваат во интеракција помеѓу себе



## **TITLE: APPLICATION OF A COMBINED METHOD OF MATHEMATICAL OPTIMIZATION TECHNIQUES TOWARDS STUDY PROGRAMS' EVALUATION PROCESS IN HIGHER EDUCATION**

**Abstract:** One of the most important pillars in the society in terms of overall progress is the education system with emphasis on the higher education (HE) system everywhere in the world. It is basic generator of knowledge and starter of all future progress and system development. Thus, it is very important to put guarantees as much as it is possible that the outputs/products from the educational system and its processes will ensure quality future in every aspect of our living. Bearing this in mind, it is necessary to have permanent and solid mechanism for measuring the performances of the education system, find all pros and cons and locate the efficient and inefficient parts of the mosaic, so it will be possible to suggest steps for improvement, especially regarding the higher education institutions and processes towards producing better graduates – future academic citizens with better skills, knowledge and competences that will be easy to be recognized in domestic or foreign countries. Building an appropriate strategy for development is key to the success of universities if they strive to be advanced and competitive. Creating a development strategy, as well as planning resources for universities, is often a collective effort that results from consensus. It is a complex process that involves setting goals in order to achieve a strategic vision for development, where it is necessary to have tools and mechanisms for evaluation and comparison of different options and alternatives, achieved results and prioritization of goals and steps for future development.

The number of factors and stakeholders defining the quality of higher education is tremendously big. There is a great discussion about the nature and the importance of all those different factors. The perception of the different levels of importance, regarding the variety of factors is pretty different among the stakeholders (students, teachers, administration, government subjects, labor market). For sure, in our legislative (following the European Higher Education Area recommendations) it is clearly and bindingly stated that every higher education system and its institutions have to implement QA (Quality Assurance) system that has to be processed in a specific time periods, towards overall optimization of the education institutions and the system in general. But, there is a lack of precise definition of how it should be done, which techniques and methods should be used, which parameters are important to be

considered of, what are the important scales and a lot more questions regarding this issue. Nowadays (as well as it is a reality in our country), the approach of higher education quality definition has pretty narrative nature, thus not giving the opportunity of creating clear picture about the present condition within the higher education, quick locating the weak spots and taking immediate improvement actions wherever it is necessary.

The goal of this doctoral thesis is to determine multiple factors and parameters that define the quality of higher education in terms of study programs as concentration element of those factors and parameters, to build approach of interpretation the importance of the different factors and parameters, to network those factors and parameters from different nature into one comprehensive model of measuring their interaction towards the reason of their inclusion in the evaluation context and at the very end, to produce results and outputs that will build clear stand about the current condition within some important aspects of the higher education quality towards the study programs as subjects of measurement, as well as giving precise recommendation what steps need to be conducted for improvement of the study programs. For this goal, a combination of two mathematical optimization techniques will be applied – Data Envelopment Analysis (DEA) and Analytical Hierarchy Process (AHP). Bearing in mind all the benefits of these techniques and the model built, multiple benefits are produced with the integration of great set of factors that have significant influence on the quality of higher education. The model is strongly scalable and applicable in wide range of aspects, such as study programs, faculties, universities, educational system in one state or broader. One of the goals is to make significant change in the way of thinking of how quality in higher education can be controlled, respecting the legislative and abandoning the narrative nature of the current HE QA context.

**Key words:**

DEA – Data Envelopment Analysis

AHP – Analytic Hierarchy Process

HE – Higher Education

EHEA – European Higher Education Area

BP – Bologna Process

QA in HE – Quality Assurance in Higher Education

P2P – Peer-to-peer – decentralized platform for interaction between two subjects

## СОДРЖИНА

1. ВОВЕД.....	1
1.1. Како до подобро образование?.....	1
2. ПРИОДИ ВО ДЕФИНИЦИИТЕ ЗА ПРОЦЕНКА НА КВАЛИТЕТОТ ВО ВИСОКОТО ОБРАЗОВАНИЕ .....	4
2.1. Исходи од учење (Learning Outcomes).....	5
2.1.1. Дефиниции поврзани со исходите од учење .....	6
2.2. Европска рамка на квалификации (EQF).....	7
2.3. Македонска рамка на квалификации (MQF).....	8
2.4. Врска на исходите/резултатите од учење со пазарот на труд .....	9
2.5. Засегнати страни во високото образование (Stakeholders) .....	11
2.6. Пазарна и сервисна ориентација на високото образование .....	15
2.7. Дефиниции за квалитет во високото образование .....	21
2.8. Платформа за високо образование во Европа .....	23
2.8.1. Болоњски процес (Bologna Process).....	23
2.8.2. European Higher Education Area (EHEA) .....	26
2.9. Стандарди и насоки за обезбедување на квалитет во ЕНЕА .....	28
2.9.1. Европска асоцијација за обезбедување на квалитет во високото образование (ENQA).....	31
2.10. Квалитет во високото образование во РС Македонија .....	31
2.10.1. Закон за високо образование .....	32
2.10.2. Агенција за квалитет во високото образование .....	34
2.11. Принципи и цели на евалуацијата во образованието .....	36
2.12. Сумарни заклучоци и појдовни хипотези.....	38
2.13. Примена на математичките алатки за обезбедување на квалитет на сервисно ориентирани субјекти .....	39
3. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРАТА.....	43

3.1.	Концепциска поставеност на квалитетот во високото образование.....	44
3.2.	Акредитациски тела и процеси.....	45
3.3.	Модели, истражувања и предизвици во управувањето со квалитет на високото образование .....	46
3.4.	Студентите и нивниот придонес во управувањето со квалитет .....	48
3.5.	Димензии на контролата и управувањето со квалитет .....	49
3.5.1.	Квалитет од аспект на пазар на труд .....	51
3.5.2.	Квалитет од аспект на наставно-научен кадар.....	52
3.5.3.	Квалитет од аспект на вработените на универзитетот .....	53
3.5.4.	Квалитет од аспект на студентите.....	54
3.5.5.	Сумарен преглед на критични фактори за успех (Critical Success Factors).....	63
3.5.6.	Квалитет базиран на TQM (Total Quality Management) и LO (Learning Outcomes) .....	64
4.	ЦЕЛ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО .....	66
5.	МЕТОДИ И ТЕХНИКИ НА МАТЕМАТИЧКА ОПТИМИЗАЦИЈА ВО ПРОВЕРКАТА НА КВАЛИТЕТОТ НА ВИСОКОТО ОБРАЗОВАНИЕ.....	70
5.1.	ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) .....	71
5.1.1.	Пристап на повеќекритериумско одлучување (Multi Criteria Decision Making, MCDM) .....	72
5.1.2.	Историјат на AHP.....	74
5.1.3.	Функции, принципи и аксиоми.....	75
5.1.4.	AHP алгоритам.....	77
5.1.5.	Структурирање на проблемот.....	80
5.1.6.	Конструкција на матрица на споредби .....	81
5.1.7.	Пресметка на тежински коефициенти на критериумите .....	88
5.1.8.	Конзистентност на матрица на споредби.....	90
5.1.9.	Синтеза на моделот .....	95

5.1.10.	Анализа на осетливост .....	97
5.1.11.	Позитивни и негативни страни .....	98
5.2.	DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA) .....	100
5.2.1.	Основаност и историјат .....	102
5.2.2.	Продукциски единици (елементи на функција на продукција, DMU)	103
5.2.3.	Ефикасност во DEA .....	106
5.2.4.	Математичка форма на DEA.....	109
5.2.5.	Основен CCR модел - редуција кон форма на линеарно програмирање .....	113
5.2.6.	Дуален CCR модел.....	115
5.2.7.	Графички приказ .....	119
5.2.8.	Множество на референтни и композитни продукциски единици (Efficiency Reference Set, ERS) .....	121
5.2.9.	Анализа на осетливост.....	124
5.2.10.	Категоризација на DEA .....	124
5.2.11.	Позитивни и негативни страни на DEA .....	127
5.3.	Техники и решенија за прибирање на податоци .....	129
5.4.	Софтверски решенија/платформи за примена на DEA и АНР.....	130
5.4.1.	Софтверско решение за АНР .....	130
5.4.2.	Софтверско решение за DEA .....	131
5.5.	Студентски информациона систем (електронски индекс).....	132
6.	ТЕРЕНСКО ИСТРАЖУВАЊЕ И ПРИМЕНА НА МОДЕЛОТ ЗА ЕВАЛУАЦИЈА НА КВАЛИТЕТ.....	135
6.1.	Евалуација на студиски програми.....	136
6.1.1.	World Reference Level – алатка за преведување на исходите од учењето.....	138
6.2.	Евалуација на наставно-научен кадар.....	141
6.3.	Евалуациски прашалници.....	142

6.4. Синтеза на содржински (суштински) и наставно-педагошки (методолошки) аспект на студиска програма во контекст на моделот за евалуација на квалитет .....	144
6.5. Примена на моделот со реални податоци .....	149
6.6. Евалуациски прашалници / анкети.....	153
6.7. Евалуација на студиска програма Турски јазик и книжевност (наставна насока, преведувачи и толкувачи) – делумна евалуација .....	159
6.8. Евалуација на студиска програма Компјутерско инженерство и технологии - целосна евалуација .....	164
6.8.1. Содржински аспект на студиската програма .....	165
6.8.2. Наставно-педагошки (методолошки) аспект на студиската програма .....	170
6.8.3. Развој на DEA модел и процесирање на податоци.....	175
6.8.4. Содржински аспект на студиска програма .....	175
6.8.5. Наставно-педагошки (методолошки) аспект на студиска програма .....	187
6.8.6. Сумарен DEA модел за содржинска страна на студиска програма .....	194
6.8.7. Сумарен DEA модел за наставно-педагошка страна на студиска програма .....	195
7. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА .....	197
7.1. Резултати од примена на World Reference Level алатката за студиската програма Бизнес економија .....	197
7.2. Евалуација на студиска програма Турски јазик и книжевност .....	199
7.3. Евалуација на студиска програма Компјутерско инженерство и технологии.....	203
7.3.1. Резултати од АНР – содржинска страна на студиска програма ....	203
7.3.2. Резултати од АНР – наставно-педагошка страна на студиска програма .....	208

7.3.3. Резултати од DEA – содржинска страна на студиска програма ....	213
7.3.4. Резултати од DEA – наставно-педагошка страна на студиска програма .....	219
7.3.5. Сумарен извештај за релативна ефикасност .....	224
7.3.6. Дискусија .....	226
8. ЗАКЛУЧОК .....	233
9. ПРИЛОЗИ.....	236
КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES).....	243

## Листа на слики

Слика 2.1. Мапа на засегнати страни во високото образование.....	14
Слика 2.2. Општествени влијанија и притисоци врз високообразовните институции и нивниот менаџмент.....	17
Слика 3.1. Концепциски модел на QA во BO.....	43
Слика 4.1. Засегнати страни во образовниот процес и циркулација на податоци.....	68
Слика 5.1. Генерална шема на АНР модел.....	78
Слика 5.2. Чекори на АНР алгоритам.....	80
Слика 5.3. Пример за АНР хиерархија со повеќе нивоа.....	81
Слика 5.4. Возможно сценарио за неконзистентност.....	91
Слика 5.5. Шема на продукциска единка.....	105
Слика 5.6. Графички приказ на DEA модел (Влезови: 1, Излези: 2, Продукциски единици: 7, Ефикасни продукциски единици: 4).....	120
Слика 5.7.a) Пример за трошок и приход за CRS .....	126
Слика 5.7.b) Пример за трошок и приход за DRS .....	126
Слика 5.7.c) Пример за трошок и приход за IRS .....	127
Слика 5.8. Тип на користени прашања во електронски анкети.....	130
Слика 5.9. Кориснички интерфејс на SuperDecisions v3.2. ....	131
Слика 5.10. Кориснички интерфејс на OSDEA софтверското решение.....	132
Слика 5.11. Студентски информациона систем на УГД / електронски индекс.....	134
Слика 6.1. Фазен дијаграм на систем за евалуација на квалитет на студиска програма.....	145
Слика 6.2. Детална шема на систем за евалуација на квалитет на студиска програма.....	148
Слика 6.3. АНР модел за наставно-педагошка страна на студиска програма ТЈК.....	160
Слика 6.4. АНР модел за содржинска страна на студиска програма КИТ.....	165
Слика 6.5. АНР модел за наставно-педагошка страна на студиска програма КИТ.....	170
Слика 6.6. Студентски информациона систем.....	178
Слика 7.1. Општи WRL дескриптори.....	197
Слика 7.2. Конечен WRL извештај.....	198
Слика 7.3. Кумулативен графички приказ на придонес на предмети по поединечни критериуми (ТЈК).....	201
Слика 7.4 Графички приказ на приоритети во однос на критериуми за квалитетна настава (ТЈК). .....	202
Слика 7.5. Синтетизиран модел на наставно-педагошка страна на студиска програма АНР (ТЈК). .....	203
Слика 7.6. Кумулативен графички приказ на придонес на предмети по поединечни квалификациски дескриптори (КИТ).....	206
Слика 7.7. Графички приказ на приоритети во однос на дескриптори на квалификација (КИТ).....	207
Слика 7.8. Синтетизиран модел на содржинска страна на студиска програма (АНР) (КИТ).....	207
Слика 7.9. Кумулативен графички приказ на исполнетост на критериуми по предмети (КИТ).....	211
Слика 7.10. Графички приказ на приоритети во однос на критериуми за квалитет на наставно-педагошки (методолошки) аспект на студиската програма (КИТ).....	212
Слика 7.11. Синтетизиран модел на наставно-педагошка страна на студиска програма АНР (КИТ).....	212
Слика 7.12. Графички приказ на релативна ефикасност на предмети – содржинска страна (компјутерско инженерство и технологии).....	214
Слика 7.13. Множество на ефикасни продукциски единици и интензитет на употреба при градење на композитни единици (содржинска страна) (КИТ).....	215
Слика 7.14. Графички приказ на релативна ефикасност на предмети – наставно педагошка страна (компјутерско инженерство и технологии).....	220
Слика 7.15. Множество на ефикасни продукциски единици и интензитет на употреба при градење на композитни единици (методолошка страна) (КИТ).....	221



## List of figures

Figure 2.1. Stakeholder map in higher education.....	14
Figure 2.2. Environmental influence and pressure over higher education institutions and their management.....	17
Figure 3.1. Conceptual model of QA in HE.....	43
Figure 4.1. Higher education stakeholders and information circle.....	68
Figure 5.1. General AHP model.....	78
Figure 5.2. AHP algorithm steps.....	80
Figure 5.3. AHP hierarchy example with multiple levels.....	81
Figure 5.4. Possibility of inconsistency.....	91
Figure 5.5. Decision Making Unit scheme.....	105
Figure 5.6. Graphical display of possible DEA model (Inputs: 1, Outputs: 2, DMUs: 7, Efficient DMUs: 4).....	120
Figure 5.7.a) Revenue and cost examples for CRS.....	126
Figure 5.7.b) Revenue and cost examples for DRS.....	126
Figure 5.7.c) Revenue and cost examples for IRS.....	127
Figure 5.8. Question type used in e-surveys.....	130
Figure 5.9. User interface of SuperDecisions v3.2.....	131
Figure 5.10. User interface of OSDEA software application.....	132
Figure 5.11. Student information system, Goce Delcev University / e-index.....	134
Figure 6.1. Phase diagram of study program quality evaluation system .....	145
Figure 6.2. Detailed scheme of study program quality evaluation system.....	148
Figure 6.3. AHP model for teaching/pedagogical aspect of the study program TLL.....	160
Figure 6.4. AHP model for content/essential aspect of the study program CET.....	165
Figure 6.5. AHP model for teaching/pedagogical aspect of the study program CET.....	170
Figure 6.6. Students' information system.....	178
Figure 7.1. General WRL descriptors.....	197
Figure 7.2. Final WRL report.....	198
Figure 7.3. Cumulative graphical presentation of the contributions of subjects by individual criteria (TLL).....	201
Figure 7.4. Graphical representation of criteria regarding quality in teaching (TLL).....	202
Figure 7.5. Synthesized model of the teaching-pedagogical aspect of the study program AHP (TLL).....	203
Figure 7.6. Cumulative graphical presentation of the contributions of subjects by individual qualification's descriptors (CET).....	206
Figure 7.7. Graphical representation of qualification's descriptors (CET).....	207
Figure 7.8. Synthesized model of the content aspect of the study program (AHP) (CET).....	207
Figure 7.9. Cumulative graphical representation of the fulfillment of criteria by courses (CET).....	211
Figure 7.10. Graphical representation of criteria regarding quality criteria of the teaching-pedagogical (methodological) aspect of the study program (CET).....	212
Figure 7.11. Synthesized model of the teaching-pedagogical aspect of the study program AHP (CET).....	212
Figure 7.12. Graphic representation of relative efficiency of courses – content aspect (computer engineering and technologies) .....	214
Figure 7.13. ERS and intensity of use in building composite units (content side) (CET).....	215
Figure 7.14. Graphic representation of relative efficiency of courses – methodological aspect (computer engineering and technologies) .....	220
Figure 7.15. ERS and intensity of use in building composite units (methodological side) (CET).....	221

## Листа на табели

Табела 2.1. Усогласеност на MQF со EQF.....	9
Табела 2.2. Категории на компетенции.....	10
Табела 2.3. Три базични столбови на ESG.....	30
Табела 3.1. Преглед на карактеристики кои го дефинираат квалитетот според работодавачите / пазарот на труд.....	51
Табела 3.2. Преглед на карактеристики кои го дефинираат квалитетот според наставниот кадар.....	52
Табела 3.3. Преглед на карактеристики кои го дефинираат квалитетот според вработените во факултетот.....	54
Табела 3.4. Преглед на карактеристики кои го дефинираат квалитетот според студентите.....	55
Табела 3.5. Критични фактори за успех кои го определуваат квалитетот на високото образование.....	63
Табела 5.1. Класичен MCDM (MADM) проблем.....	74
Табела 5.2. Фундаментална скала за споредби на Saaty.....	82
Табела 5.3. Вредности на <i>R. I.</i> според редот на матрицата на споредби.....	94
Табела 5.4. Матрица на алтернативи и критериуми.....	95
Табела 5.5. Нормализирана матрица на алтернативи и критериуми.....	96
Табела 5.6. Кореспонденција помеѓу примарен и дуален ЛП модел.....	116
Табела 5.7. CCR DEA модели.....	118
Табела 5.8. Обем на податоци на електронски индекс на Универзитет „Гоце Делчев“ од Штип (Мај, 2021).....	134
Табела 6.1. Влијателни фактори врз SET резултати.....	143
Табела 6.2. Општи и специфични дескриптори на квалификацијата.....	152
Табела 6.3. Дескриптори на квалификацијата – предмет на евалуација.....	154
Табела 6.4. Компаниии кои дадоа придонес во евалуацијата.....	155
Табела 6.5. Листа на предмети од студиската програма кои се предмет на евалуација (КИТ).....	156
Табела 6.6. Критериуми за евалуација на наставно-педагошки (методолошки) аспект на студиска програма.....	158
Табела 6.7. Листа на предмети од студиската програма кои се предмет на евалуација (ТЈК).....	159
Табела 6.8. PW матрица за критериуми за квалитет на настава (ТЈК, КИТ).....	160
Табела 6.9. PW вредности / PW матрица за наставно-педагошки критериуми (ТЈК).....	161
Табела 6.10. Индекси на придонес на предмети кон наставно-педагошки критериуми (ТЈК).....	162
Табела 6.11. Вредности на PW матрица / критериум = наставно-педагошки критериум за квалитет на наставата (ТЈК).....	163
Табела 6.12. Тежински коефициенти на критериуми (наставно-педагошки критериуми) (ТЈК).....	163
Табела 6.13. Синтетизиран модел – наставно-педагошка страна на студиска програма (ТЈК).....	164
Табела 6.14. PW матрица за квалификации (ИТ пазар на труд) (КИТ).....	165
Табела 6.15. PW вредности / PW матрица за квалификациски критериуми (КИТ).....	166
Табела 6.16. Индекси на придонес на предмети кон дескриптори на квалификации (КИТ).....	166
Табела 6.17. Вредности на PW матрица / критериум = дескриптор, исход од учење (КИТ).....	168
Табела 6.18. Тежински коефициенти на критериуми (дескриптори, исходи од учење) (КИТ).....	168
Табела 6.19. Синтетизиран модел – содржинска страна на студиска програма компјутерско инженерство и технологии.....	169
Табела 6.20. PW вредности / PW матрица за наставно-педагошки критериуми (КИТ).....	171
Табела 6.21. Индекси на придонес (исполнетост) на предмети кон наставно-педагошки критериуми (КИТ).....	171
Табела 6.22. Вредности на PW матрица / критериум = наставно-педагошки критериум за квалитет на наставата (КИТ).....	173
Табела 6.23. Тежински коефициенти на критериуми (наставно-педагошки критериуми) (КИТ).....	173
Табела 6.24. Синтетизиран модел – наставно-педагошка страна на студиска програма компјутерско инженерство и технологии.....	174
Табела 6.25. Финансиско оптоварување по основ на плати и хонорари.....	179
Табела 6.26. Финансиско оптоварување по основ на инвентар и опрема.....	182
Табела 6.27. Должина на студиска програма.....	184
Табела 6.28. Ниво на стекнати резултати (исходи) од учење.....	186
Табела 6.29. Финансиско оптоварување по основ на плати на професори.....	188
Табела 6.30. Искуство на наставен кадар.....	189
Табела 6.31. Генерална оценка на квалитет на настава.....	191

Табела 6.32. Индекс за научно-истражувачка дејност.....	193
Табела 6.33. Сумарен DEA модел – содржинска страна (КИТ).....	194
Табела 6.34. Сумарен DEA модел – наставно-педагошка страна (КИТ).....	195
Табела 7.1. Сортирање на резултати по поединечни наставно-педагошки критериуми и просечен сумарен индекс (ТЈК).....	199
Табела 7.2. Сортирање на резултати по поединечни дескриптори на квалификација и просечен сумарен индекс (КИТ).....	204
Табела 7.3. Сортирање на резултати по поединечни наставно-педагошки критериуми и просечен сумарен индекс (КИТ).....	208
Табела 7.4. Резултати од DEA – содржинска страна на студиската програма компјутерско инженерство и технологии.....	213
Табела 7.5. Продукциска единка: Вовед во информатика.....	215
Табела 7.6. Ламбда коефициенти за неефикасни продукциски единици (содржинска страна на студиска програма) (КИТ).....	216
Табела 7.7. Вовед во информатика – композитна единка.....	217
Табела 7.8. Резултати од DEA – наставно-педагошка (методолошка) страна на студиската програма компјутерско инженерство и технологии.....	219
Табела 7.9. Продукциска единка: Линеарна алгебра.....	221
Табела 7.10. Ламбда коефициенти за неефикасни продукциски единици (методолошка страна на студиска програма) (КИТ).....	222
Табела 7.11. Линеарна алгебра – композитна единка.....	223
Табела 7.12. Конечен извештај за релативна ефикасност на предмети – компјутерско инженерство и технологии.....	225
Табела 7.13. Групи на предмети и нивни отстапувања од релативно ефикасните предмети.....	227

## List of tables

Table 2.1. MQF – EQF compliance.....	9
Table 2.2. Competences' categories.....	10
Table 2.3. Three basic pillars of ESG.....	30
Table 3.1. Review of quality assurance important parameters from employers' perspective.....	51
Table 3.2. Review of quality assurance important parameters from teachers and researchers.....	52
Table 3.3. Review of quality assurance important parameters from faculty's members .....	54
Table 3.4. Review of quality assurance important parameters from students' perspective.....	55
Table 3.5. Critical Success Factors for the higher education quality.....	63
Table 5.1. Typical MCDM (MADM) problem.....	74
Table 5.2. Fundamental comparison scale of Saaty.....	82
Table 5.3. Random consistency index versus comparison matrix order.....	94
Table 5.4. Alternatives and criteria matrix.....	95
Table 5.5. Normalized alternatives and criteria matrix.....	96
Table 5.6. Correspondences between primal and dual model.....	116
Table 5.7. CCR DEA models.....	118
Табле 5.8. Data size, student information system at GDU (May, 2021) .....	134
Table 6.1. Influence factors over SET results.....	143
Table 6.2. General and specific qualification's descriptors.....	152
Table 6.3. Qualification's descriptors – subject of evaluation.....	154
Table 6.4. Companies that attributed the evaluation.....	155
Table 6.5. List of study program's courses that are subject of evaluation (CET).....	156
Table 6.6. Criteria for evaluation of teaching-pedagogical (methodological) aspect of the study program.....	158
Table 6.7. List of study program's courses that are subject of evaluation (TLL).....	159
Table 6.8. PW matrix of teaching quality TLL, CET) .....	160
Table 6.9. PW values / PW matrix of teaching-pedagogical criteria (TLL).....	161
Table 6.10. Contribution to teaching- pedagogical criteria - courses' indexes (TLL).....	162
Table 6.11. PW matrix values / criteria = teaching-pedagogical criteria for teaching quality assessment (TLL).....	163
Table 6.12 Weighted coefficients of criteria (teaching-pedagogical criteria) (TLL).....	163
Table 6.13. Synthesized model – teaching- pedagogical aspect of the study program (TLL).....	164
Table 6.14. PW matrix of qualifications (IT labor market) (CET).....	165
Table 6.15. PW values / PW matrix of qualifications' criteria (CET).....	166
Table 6.16. Contribution to qualification's descriptors - courses' indexes (CET).....	166
Table 6.17 PW matrix values / criterion = descriptor, learning outcome (CET).....	168
Table 6.18. Weighted coefficients of criteria (qualification's descriptors, learning outcomes) (CET).....	168
Table 6.19. Synthesized model – content/essential aspect of the study program computer engineering and technologies.....	169
Table 6.20. PW values / PW matrix of teaching-pedagogical criteria (CET).....	171
Table 6.21. Contribution (fulfillment) to teaching-pedagogical criteria - courses' indexes (CET).....	171
Table 6.22. PW matrix values / criteria = teaching-pedagogical criteria for teaching quality assessment (CET).....	173
Table 6.23 Weighted coefficients of criteria (teaching-pedagogical criteria) (CET).....	173
Table 6.24. Synthesized model – teaching-pedagogical aspect of the study program computer engineering and technologies.....	174
Table 6.25. Financial costs for salaries and fees.....	179
Table 6.26. Financial costs for inventory and equipment.....	182
Table 6.27. Time frame of study program.....	184
Table 6.28. Level of acquired learning outcomes.....	186
Table 6.29. Financial costs for salaries (teachers).....	188
Table 6.30. Experience of teachers.....	189
Table 6.31. General assessment of teaching quality.....	191
Table 6.32. Index for research .....	193
Table 6.33. Summary DEA model – content aspect (CET).....	194
Table 6.34. Summary DEA model – teaching-pedagogical aspect (CET).....	195
Table 7.1. Results sorting based on individual teaching-pedagogical criteria and average overall index (TLL).....	199

Table 7.2. Results sorting based on individual qualifications descriptors and average overall index (CET).....	204
Table 7.3. Results sorting based on individual teaching-pedagogical criteria and average overall index (CET).....	208
Table 7.4. DEA results – content aspect of the study program computer engineering and technologies.....	213
Table 7.5. DMU: Informatics, introduction.....	215
Table 7.6. Lambdas for inefficient DMUs (content side of the study program) (CET).....	216
Table 7.7. Informatics, introduction – composite DMU.....	217
Table 7.8. DEA results – teaching-pedagogical (methodological) aspect of the study program computer engineering and technologies.....	219
Table 7.9. DMU: Linear algebra.....	221
Table 7.10. Lambdas for inefficient DMUs (methodological side of the study program) (CET).....	222
Table 7.11. Linear algebra – composite unit.....	223
Table 7.12 Final report of courses’ relative efficiency – computer engineering and technologies.....	225
Table 7.13. Courses’ groups based on efficiency and their deviation from the efficient courses.....	227

## **1. ВОВЕД**

Во светот не постои држава која може да постигне одржлив развој без континуирани и одржливи инвестиции во човечкиот капитал (Prasad and Jha, 2013). Особено во текот на дваесеттиот век образованието, вештините, компетенциите и континуираното стекнување на знаења прераснаа во круцијален фактор од кој произлегува продуктивноста и развојот на државата (Basheer Al-Alak A.M, 2009). Образованието денес е основна детерминанта за начинот на живот на поединецот, статусот со вработувањето и неговото влијание во економскиот и индустриски развој. Од друга страна, ние кои сме долги години вклучени во образовниот процес на нашата држава, сме сведоци дека како на домашен терен, така и во интернационална смисла, образованието се претвора во класична комодитетна компонента на општествениот развој. По дефиниција, комодитет (стока, услуга) во економска смисла претставува општо добро кое во трговска (во контекстов, многу поширока општествена) смисла може да се менува за други општи добра од ист или различен тип. Поаѓајќи од овде, услугата која образовните институции ја нудат во своето портфолио е токму образованието, односно генерирањето на квалификувана академска и работна сила, која ќе биде конкурентна на пазарот на трудот. Во таа смисла, давателите на образовни услуги (во контекст на знаења, умеења, вештини и компетенции кои се предвидени студентите да ги стекнат во текот, односно со завршувањето на своето образование) директно се натпреваруваат на отворено поле. Овде пред сè се мисли на високото образование, односно на универзитетите. Во тој правец, приматот во важноста на понудата на сите учесници во образовниот процес, неизбежно припаѓа на квалитетот на образовната понуда и образовен процес (во поширока смисла, образовен систем), кој се дефинира како клучен и невидлив фактор на конкуренција меѓу нациите на социо-економски развој (Feigenbaum, 2013).

### **1.1. Како до подобро образование?**

Високообразовните системи, попрецизно универзитетите како автономни институции ширум светот се соочуваат со нов предизвик во кој е неопходно да ја подберат вредноста на понудата и на активностите опфатени во образовните

процеси кои ги спроведуваат во целост. Кога се зборува за подобрување на образовната вредност, се мисли на следните три генерални сегменти:

- Постојано зголемување на вложените ресурси во насока на континуирано подобрување на образовниот процес според претходно утврдени критериуми;
- Земање во предвид на интересите на сите засегнати страни, вклучително и интересите на пазарот на труд и
- Зголемување на задоволството на оние за кои првенствено е наменет образовниот процес, т.е. студентите.

Во денешно време, во повеќе земји од светот студентите имаат можност да студираат, освен на државни универзитети и на приватни високообразовни институции чиј број неколкукратно се зголеми, особено во држави каде постоеја (или постојат) ограничени капацитети за функционирање на државно финансирани високообразовни институции, нови или постоечки. Во тој контекст, од гледна точка на студентите, со оглед на фактот што тие се (во најголем процент) делумно или целосно оптоварени со трошоците за студирање (или вкупните ресурси кои е неопходно да ги вложат во текот на студирање освен финансиите, во смисла на време, енергија, емоции и др.), тие заслужуваат да добијат образование со највисок квалитет, со што ќе бидат во можност полесно и соодветно да одлучат за патот на нивната кариера и живот. Токму затоа, квалитетот на образованието со текот на времето стана оружје за натпревар во процесот на привлекување на основните чинители во образовниот процес, а тоа се студентите.

Универзитетите како генератори на академскиот и образовен елемент во едно општество, природно имаат задача постојано да работат на подобрувањето на квалитетот на образовниот процес кој го реализираат, што секако во пракса зависи од голем број на хетерогени фактори. Преку изучувањето на предметите и содржините кои се предвидени во студиските програми, универзитетите им испорачуваат на студентите множество од знаења, способности, вештини и компетенции кои се предвидени во елаборатите за акредитација на студиските програми. Клучен аспект во правец на утврдување на квалитетот на еден образовен процес е потребата истиот да се вреднува преку евалуација на суштината и нивото на знаења, способности и вештини со

кои студентот се стекнал преку изучувањето на предметите во состав на студиската програма, односно со предвидените исходи од учење (learning outcomes).

Перцепцијата притоа може да биде широка во поглед на факторите кои ќе бидат вклучени во анализата и директно влијаат на структурата на универзитетските студиски програми. Студиските програми кои се изучуваат на универзитетите се во директна корелација со следните генерички фактори:

- Трендовите во образовниот процес;
- Потребата од соодветен работоспособен кадар во различни општествени сегменти како индустријата, стопанството, образованието, здравството, науката итн.;
- Условите со кои располага една високообразовна институција од аспект на наставен и соработнички кадар, администрација, просторни и технички услови;
- Финансиската конструкција на практичната реализација на студиската програма (насока, катедра, факултет, универзитет);
- Политички, социо-економски, стратегиски и многу други фактори.

Освен во суштинскиот аспект, подобрувањето на образовниот процес за универзитетите значи и подобрување на начините на кои се испорачува образовната услуга, односно формата на функционирање на засегнатите страни кои директно учествуваат во процесот на испорака на предвидените исходи од учење кон студентите. И во овој случај, факторите на влијание, како и можните агли на анализа се во навистина голем број и се во директна зависност од потребите на евалуациските процеси.

Со утврдување на важни параметри и приоди кои влијаат на квалитетот на крајниот производ во смисла на суштината и начинот на испораката на предвидените исходи од учење, преку инкорпорирање на мерливост и споредливост на факторите со примена на математички методи за оптимизација, направена е конвергенција на тие параметри и различни приоди преку единствен модел за квалитативна евалуација во високото образование кој генерира извештаи со јасна слика за квалитативната поставеност на основните детерминанти на образовните процеси претставени преку студиските програми, односно предметите во нивен состав и наставниот кадар кој ги испорачува.



## 2. ПРИОДИ ВО ДЕФИНИЦИТЕ ЗА ПРОЦЕНКА НА КВАЛИТЕТОТ ВО ВИСОКОТО ОБРАЗОВАНИЕ

Европската Унија моментално се соочува со недостаток на знаења и вештини од повеќе области, особено од STEM областите во делот на науката, технологијата, инженерството и математиката (Science, Technology, Engineering and Mathematics) (European Commission, 2021, Аспекти на квалитет во високото образование). Дополнително, постојано се појавува потреба од нови вештини во делот на процесите за зелена и дигитална транзиција на општеството во Европската Унија. Во тој контекст, Унијата мора навремено да реагира со цел да обезбеди континуиран развој на вештините, со што ќе остане конкурентна на глобално ниво. Освен тоа, мора да се работи постојано на мотивирање на студентите и граѓаните на ЕУ да се стекнуваат со знаења и вештини, токму во областите каде што постои недостаток, односно поголемо побарување од пазарот на труд. Во тој правец, Европската комисија промовира развој на високообразовни студиски програми кои ќе бидат базирани на STEAM (Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics) потребите и нивната ICT (Information and Communication Technology) корелација, согласно потребите на модерниот свет. STEAM како мултидисциплинарен пристап се труди да ги отстрани традиционалните бариери помеѓу предметите и дисциплините преку креирање на врска помеѓу STEM и ICT образованието со уметноста, хуманистичките и социјалните науки.

Трендовите зборуваат за тоа дека постои зголемена потреба од стекнување на *трансверзални вештини* (European Commission, 2021, Аспекти на квалитет во високото образование; UNESCO, 2021, Трансверзални вештини). Тоа се вештини кои не се специфично поврзани со одредена работна област, задача или академска дисциплина и можат да се користат во широк спектар на ситуации и работни околин:

- Критичко и иновативно мислење;
- Решавање проблеми/Problem-solving;
- Интерперсонални вештини (презентациски, комуникациски и организациски вештини, тимска работа);
- Интраперсонални вештини (самодисциплина, ентузијазам, упорност, самомотивација итн.);

- Вештини од аспект на глобална социјализација (толерантност, отвореност, почит кон различностите, интеркултурно разбирање);
- Медиска и информативна писменост (способност за лоцирање и пристап на информации, како и анализа и евалуација на содржина);
- Одредени (не толку генерички) клучни вештини (способност за работа со броеви, дигитални вештини итн.) и
- Други (физичко здравје, религиозни вредности итн.).

Ова директно зборува за релевантноста и неопходноста исходите на учење да бидат земени како едни од клучните параметри во евалуациските процеси, независно од степенот на нивната потреба.

## **2.1. Исходи од учење (Learning Outcomes)**

Зголемувањето на процентот на вработени лица после завршувањето на студиите мора да се реализира во цврста спрега со пазарот на трудот, односно субјектите кои вработуваат (ЕНЕА, 2021, потенцијал за вработување на матуранти). Овој конструкт е причината за потребата од дефиниција и категоризација на исходите од учење, што само по себе го генерира предизвикот за континуирана евалуација на студиските програми и образовниот процес во рамки на универзитетите, со цел следење на промените, трендовите и потребите на пазарот на труд. Одредени групи нудат и интерпретација на потенцијал за вработување како резултат на степенот на приближување помеѓу студиските програми и идните професионални ангажмани на лицето, особено во свет каде рапидно се менува структурата на потребната работна сила, а со што неопходно се наметнува потребата универзитетите да се прилагодат на тоа (Oraison, Humberto Manuel, Howe, Samuel T., Konjarski, Loreta. 2019).

Студиските програми се практично референца за исходите од учење (Learning Outcomes), кои го дефинираат излезниот продукт од образовниот процес – кадарот. Според официјалните дефиниции на Европска комисија (European Commission, 2021, Дефиниција на исходи од учење):

*Исходите од учење претставуваат форми-искази (statements) за тоа што студентот знае, разбира и е способен да работи после завршувањето на образовниот процес, во форма на знаења, вештини и компетенции.*

Во согласност со дефинираните исходи од учење, образовните институции ги дефинираат и развиваат предвидените образовни квалификации во растечки тренд според усвоената Европска рамка на квалификации (EQF) (European Commission, 2021, EQF). Нашата земја како земја-кандидат за членство во ЕУ има и правна обврска за целосно усогласување на националната рамка за квалификации (NQF) со европската.

### **2.1.1. Дефиниции поврзани со исходите од учење**

Според дефиницијата согласно Законот за Национална рамка на квалификации (Закон за НРК, 2016), во прилог се дефинициите за исходите од учење (категориски) и квалификацијата како термин:

- Знаење и разбирање е збир на стекнати и систематизирани информации, односно збир на теоретски и фактички информации;
- Вештини се однесува на способност за примена на знаењето, извршување на задачите и решавање на проблеми. Вештините се опишани како когнитивни (вклучување на употреба на логичкото, креативно и интуитивно мислење) и практични (мануелна работа и употреба на методи, инструменти, алати и материјали);
- Компетенции се дефинираат како збир на стекнатото знаење и вештини, односно докажана способност за користење на знаењето и вештините во ситуации на учење или на работа;
- Клучни компетенции се збир на компетенции на одредено ниво, потребни за задоволување на личните, општествените и професионалните потреби на поединецот во процесот на доживотното учење. Постојат осум клучни компетенции: комуникација на мајчиниот јазик, комуникација на странски јазик, математичко-техничка и научна компетенција, граѓанска свесност, информатичка технологија, претприемчивост, учење како да се учи и културно изразување и
- Квалификација е формален резултат од процесот на оценување и потврдување кој е стекнат кога одговорна институција потврдува дека поединецот ги има постигнато резултатите (исходите) од учењето, согласно со утврдените стандарди.

Според моменталниот формат на елаборатите за акредитации на студиски програми во нашата држава, исходите (резултатите) од учење со кои е предвидено да се стекнат студентите кои ќе го завршат студирањето се делат на:

- Општи знаења и квалификации и
- Специфични компетенции и вештини.

Под општи квалификации се подразбираат есенцијалните вештини со кои студентот е потребно да се стекне при изучувањето на предвидената студиска програма. Општите квалификации, всушност ја продуцираат идната академска индивидуа како субјект која самостојно може да размислува, управува и донесува одлуки во генерална смисла.

Под специфични компетенции се подразбираат вештините и знаењата со кои се стекнуваат студентите со изучувањето на конкретен предмет, област или курикулум. Од овде, природно се наметнува и тезата дека токму исходите од учење со кои се стекнуваат студентите се директен показател (или фактор на влијание) на квалитетот на образовниот процес.

Форматот, дефиницијата и структурата на исходите (резултатите) од учењето, а понатаму и дефиницијата на соодветните квалификации се многу важни во поглед на решавањето на проблемите и прашањата кои се однесуваат на меѓународното признавање на дипломите и додатоците на дипломите (мобилност на знаењето), односно процесот на признавање на стекнатите знаења, вештини и компетенции од една институција, а валоризирани соодветно од страна на друга високообразовна или друг тип на институција за која истите се од значење. Дополнително, прецизното дефинирање на исходите од учење претставува основен предуслов во признавањето и вреднувањето на истите во многу поширока смисла, особено во правец на корелацијата со пазарот на труд, потребата од истите и спрегата која во таа смисла ќе се создаде во контекст на моделирањето на содржината на студиските програми, согласно потребите на пазарот на труд.

## **2.2. Европска рамка на квалификации (EQF)**

Европската рамка на квалификации (EQF) претставува заедничка референтна рамка со цел олеснување на признавањето, разбирањето и

читливоста на квалификациите помеѓу различните држави и системи (European Union, 2021, Европска рамка на квалификации). Таа се состои од 8 нивоа на исходи од учење за сите типови на квалификации и како алатка за преведување помеѓу различните национални квалификациски рамки, овозможува подобрување и зголемување на транспарентноста, споредливоста и мобилноста на квалификациите помеѓу различни институции и држави. Преку дефиницијата на соодветните исходи од учење, овозможува јасен преглед на тоа што личноста, знае, разбира и може да прави, односно знаења, вештини и компетенции. Актуелно, компетенциите се заменети со особини на автономност и одговорност (autonomy-responsibility). Во секое од 8-те нивоа на EQF се дефинирани исходите од учење во смисла на (European Union, 2021, 8 нивоа на EQF и LO):

- Знаење (Knowledge) – теоретско и/или фактично знаење;
- Вештини (Skills) – когнитивни (аспекти: логички, интуитивен и аспект на креативно мислење) и практични (аспекти: мануелна умешност и користење на методи, материјали, алатки и инструменти) способности и
- Одговорност и автономија (Responsibility and Autonomy) – способност на личноста за примена на знаењето и вештините (претходно стекнати) на автономен (самостоен) и одговорен начин.

### **2.3. Македонска рамка на квалификации (MQF)**

Во Република Северна Македонија, во согласност со Болоњскиот процес (European Union, 2021, Национални рамки на квалификации), со Закон е уредена Македонската рамка на квалификации (Закон за Национална рамка на квалификации, 2016), со што истата е поврзана и усогласена со Европската рамка на квалификации. Во член 7 од Законот е уредена структурата на Македонската рамка на квалификации, односно детали за сите 8 нивоа и 6 поднивоа на квалификации во смисла на резултатите/исходите од учење дефинирани преку:

- Знаење и разбирање;
- Вештини и
- Компетенции,

со кои е предвидено да се стекне личноста после завршувањето на соодветното ниво (степен) на студии (табела 2.1).

Табела 2.1. Усогласеност на MQF со EQF  
Table 2.1. MQF – EQF compliance

MQF	Опис	EQF
VIII	Трет циклус на студии (докторски), $\geq 3$ години (180 кредити)	8
VII	VIIA Втор циклус академски студии (60/120 ECTS)	7
	VIIБ Втор циклус стручни студии (60/120 ECTS)	
VI	VIA Прв циклус студии (240 ECTS)	6
	VIБ Прв циклус студии (180 ECTS)	
V	VA Стручни студии (60/120 ECTS), Краток циклус на студии	5
	VB Пост-средно образование (60/120 ECTS)	
IV	Средно образование, 4 години (240)	4
III	Средно образование, 3 години (180)	3
III	Стручно оспособување до 2 години (60-120)	2
I	Основно образование (9 години)	1

Трендот во светот генерално е да постои што поголема усогласеност на потребите на пазарот на труд и понудата на квалификации од страна на образовните институции. Ова е прашање кое ги обединува креаторите на политики, образованието, пазарот на труд и бизнис секторот во насока на креирање на динамична образовна средина, која ќе овозможи понуда и стекнување со соодветни знаења, вештини и компетенции, со што ќе може да одговора на барањата на пазарот на труд и полесно да се вработат.

#### 2.4. Врска на исходите/резултатите од учење со пазарот на труд

Ширум литературата, дефиницијата на вештините, знаењата и компетенциите има мошне голем опсег. Генерално постои консензус помеѓу *чинителите во пазарот на труд* дека постојат два типа на резултати од учење во смисла на вештини и компетенции (ЕНЕА, 2021, потенцијал за вработување на матуранти):

- Социјални (меки, општи) вештини и
- Специфични (карактеристични, често произлезени од одреден предмет/и) вештини.

Поголемиот дел од образовните институции ги структурираат своите образовни програми, така што имаат тенденција кадарот да го образуваат со што е можно

(повеќе) специфични квалификации и методолошки знаења, додека општите (меките) вештини може и да не бидат вклучени во програмите. Од друга страна, тие генерички вештини (методолошки, социјални и интеркултурни компетенции, етички вредности итн.) се есенцијални за позиционирање и развој на индивидуата во општеството. При евалуацијата на кандидатите, компаниите *многу почесто* ги базираат своите конечни резултати, токму врз општите (социјалните) компетенции и вештини на кандидатот. Тие бараат од кандидатот, освен знаењата за конкретната материја (област во која истиот ќе работи), да покаже и множество од аналитички вештини, комуникациски вештини и способност (капацитет) за решавање на проблеми.

Генерално, пазарот на труд очекува генерирање на кадар со реално оценети знаења предвидени со студиските програми, дизајнирани да бидат интернационално препознатливи и во контекст со соодветните квалификациски рамки, односно квалификациите кои се дефинирани во рамките на истите. Во тој контекст е и усогласувањето на националните квалификациски рамки на државите во Европа со Европската квалификациска рамка. Имено, вработувачите бараат компетенциите кои ќе се стекнат од студентите после завршувањето на студиите да ги исполнат нивните побарувања. Ова има глобална димензија, со оглед на огромната стапка на миграција на образованиот кадар. Во едно истражување спроведено во 2006 г. во Данска (Martensen and Gronholdt, 2009), во кое биле вклучени околу 250 вработувачи, направено е испитување на компетенциите на студентите кои завршуваат со студиите од гледна точка на вработувачите (пазарот на труд). Притоа, испитувањето е направено во однос на студенти завршени од Copenhagen Business School (CBS), поточно од програмата на постдипломски студии (MSc) по економија и бизнис администрација, која нуди 14 различни специјализации. Компетенциите кои биле предмет на испитување се дадени во табела 2.2.

Табела 2.2. Категории на компетенции  
Table 2.2. Competences' categories

<b>Професионални компетенции</b>	<b>Лични и социјални компетенции</b>
Темелно знаење од областа	Флексибилност
Широко познавање од областа	Посветеност
Познавање на јазици	Соработка
ИТ вештини	Прилагодливост
Комуникациски вештини	Мотивација за учење на нови нешта
Бизнис знаење	Интеркултурни разбирања

Примена на теоретско знаење Способност за креирање на резултати	Ориентација кон резултати Способност за управување (менаџмент)
---	--

Направено е испитување во компании кои имале некакво искуство со студентите од оваа програма, во однос на можноста тие да го оценат нивото на компетенции стекнати од страна на студентите. Резултатите покажале дека бизнис индустријата дава императив на личните и социјалните компетенции, особено мотивацијата за учење на нови нешта, посветеноста и соработката како вештини. Најслабо биле оценети способностите за управување. Ова секако отворило бројни прашања за самата студиска програма, имајќи го во предвид фактот што истата предвидувала содржини и активности за развој на овие вештини кои биле оценети најслабо од работодавачите. Многу поинтересен факт бил моментот што личните и социјалните вештини биле поголем императив од, на пример бизнис знаењето, способноста за креирање на резултати, ИТ вештините и познавањето на јазици. Од делот на професионалните компетенции, највисоко било оценето широкото познавање од областа. Освен нивото на стекнување на овие вештини, било направено оценување и на важноста / приоритетот на тие вештини при вработувањето на кандидатот. На тој начин е направен спој помеѓу важноста и перформансите на компетенциите, кои се многу важни за сеопфатниот потенцијал за вработување на студентот од перспектива на сите засегнати страни во образовниот процес. Токму ова е реализирано и во моделот за евалуација на квалитет во оваа докторска дисертација, правејќи комбинација од важноста на одредени резултати од учење, со нивото на нивната исполнетост/задоволеност.

## 2.5. Засегнати страни во високото образование (Stakeholders)

Засегнати страни во високото образование се сите субјекти кои имаат некаков интерес од образовниот процес. Во високото образование се идентификуваат четири главни групи на засегнати страни (stakeholders):

- Даватели на услуги / провајдери (чинители кои го финансираат процесот). Од нивен аспект, квалитетот се интерпретира како “*value for money*“. Образовниот систем треба оптимално да ги искористи своите ресурси во испораката на крајниот резултат на задоволително ниво на



квалитет. Неретко (пример, приватни универзитети) овде се внимава и на ROI (Return Of Investment) факторот;

- Корисници на услугата / продуктот - се мисли на студентите, идни и тековни. Од нивен аспект, квалитетот се интерпретира како можност за вработување и кариерен напредок;
- Корисници на излезниот резултат од образовниот процес / output - се мисли на пазарот на трудот во генерална смисла. Квалитетот се интерпретира како *"fitness for purpose"*. За пазарот на труд, важно е поклопување на стекнатите компетенции со нивната функционалност и
- Вработените во високото образование (наставниот и соработничкиот кадар, како и администрацијата). Тие имаат свои очекувања од работното место за нивото на задоволство, што директно го формира квалитетот во генерална смисла (Schindler, Puls-Elvidge, Welzant, and Crawford, 2015; Kundu, 2016).

Во поширока смисла може да се зборува за Владата, надлежните министерства и агенции, универзитетите, компаниите и претставниците на индустријата, стопанството и јавниот сектор, факултетите со сите вработени и секако студентите, односно сите граѓани на општеството.

Дополнително, засегнатите страни може да се поделат во две категории:

- Категорија на примарно значење – студентите, наставно-научниот кадар и управата на образовната институција и
- Категорија на секундарно значење – владини / државни институции, професионални тела, пазар на труд, родители, кадар различен од наставно–научниот кадар и евалуатори / аудитори.

Постои и гледиште според кое квалитетот во високото образование мора да се пресметува од гледна точка на јавната одговорност (вредност за пари / value for money), во контекст на прашањето која е социо-економската потреба од крајниот продукт на образованието, како суштински, така и од аспект на средствата и ресурсите кои е потребно да се вложат, како и неопходноста од трансформација во насока на зголемување на квалитетот, доколку тоа е потребно, а во поглед на студентите, кадарот и културата на функционирање (Harvey and Knight, 1996). Консумирањето на образованието може да креира и

негативна перцепција за квалитетот и прашањето дали високото образование продуцира „добра вредност за парите“ (John B. Biggs, 2001). Од една страна е артикулацијата од гледна точка на студентите, а во однос на прашањето дали она што тие го стекнале како образование реално се поклопува со очекувањата на академската средина или уште повеќе со очекувањата и потребите на пазарот на труд. Ова неизбежно ја идентификува перцепцијата и впечатокот кој сумарно ќе го има и студентот на крај на студиите, а што директно може да влијае на неговиот академски потенцијал или евентуално продолжување на студиите. Разбирањето што за студентите се идентификува како висок квалитет или добиена вредност којашто е доволно добра, може да помогне на образовните чинители во насока на зголемување на квалитетот на образовниот процес.

Исто така, перцепцијата на кадарот може да се разликува од онаа на студентите и во суштинска смисла и во смисла на форма на испорака на предвидените содржини во нивните студиски програми. На крајот се секако претставниците на пазарот на труд како засегната страна – ако нивните очекувања не се исполнети од страна на студентите кои ги завршиле своите студии, особено оние со висок просек (од појдовната точка дека повисока оценка значи подобро и поквалитетно совладана материја во рамките на завршените курикулуми), ова ќе има негативно влијание на можноста за вработување на завршениот студент, како и севкупната релација пазар на труд  $\leftarrow \rightarrow$  високообразовни институции. Идентификацијата на факторите кои се важни за квалитетот на образованието од гледна точка на субјектите на пазарот на трудот (оние кои вработуваат високообразован кадар) може да помогне во процесот на развој на клучни образовни компетенции, а со тоа и квалификации со кои ќе се стекнат студентите. Сите овие аспекти се од особено значење во време на интензивно интернационално рангирање на универзитетите по мноштво критериуми кои практично даваат слика за моменталната поставеност на квалитетот на еден универзитет во интернационална смисла.

Преку анализа на голем број на трудови кои го обработуваат ова прашање, се доаѓа до навистина голем спектар на можни влијанија и фактори кои го димензионираат високото образование како општествена дејност. Во еден труд кој го обработува Финскиот образовен систем како еден од најсовремените системи во Европа и светот (со акцент на третиот циклус на студии, меѓутоа сепак истиот е применлив на сите три циклуси во повеќето системи), постои

централната поставеност на институцијата (универзитетот) околу која гравитираат различните засегнати страни, распределени во четири категории, објаснети во продолжение (Kettunen, Juha, 2015). Генералната поделба е на:

- Внатрешни засегнати страни – вработен наставно-научен кадар, персонал и студенти кои се во тек на студиите и
- Надворешни засегнати страни – партнери или корисници (вообичаено релацијата е двонасочна) на излезниот резултат од Универзитетот.



Слика 2.1. Мапа на засегнати страни во високото образование  
Figure 2.1. Stakeholder map in higher education

Категоријата на соработка и процеси ги вклучува активностите кои се преземаат помеѓу универзитетите, високообразовните институции и компаниите кои го поддржуваат развојот и истражувањето, како и релациите со телата кои го регулираат образовниот процес, како што е агенцијата за квалитет (евалуација). На ниво на сегмент каде што се испорачува производот од образовниот процес, секако е пазарот на труд и други тела/бордови, во кои исто така може да учествуваат и претставници од пазарот на труд.

Надворешните влијанија, во делот на партнерските односи, се претставени со различните форми на организација на студентите кои веќе ги завршиле своите студии и од овде практично е потребно да се генерира стратешко партнерство кое ќе влијае на обликувањето на образовниот систем. Секако, димензионирањето во целост зависи и од трендовите за развој

генерално, медиумите кои ја овозможуваат комуникацијата и секако разни форми на здружувања на луѓето.

Во делот на чинителите кои ја обликуваат финансиската компонента припаѓаат сите избори на финансирање, како државни така и приватни, надлежни министерства и други тела, како и надворешни субјекти (организации и поединци).

Во организациска смисла, секако акцент е ставен на компонентата на постојано образование и надоградба на наставно-научниот кадар, во смисла на други универзитети, истражувачки центри и организации кои ќе го овозможат овој процес.

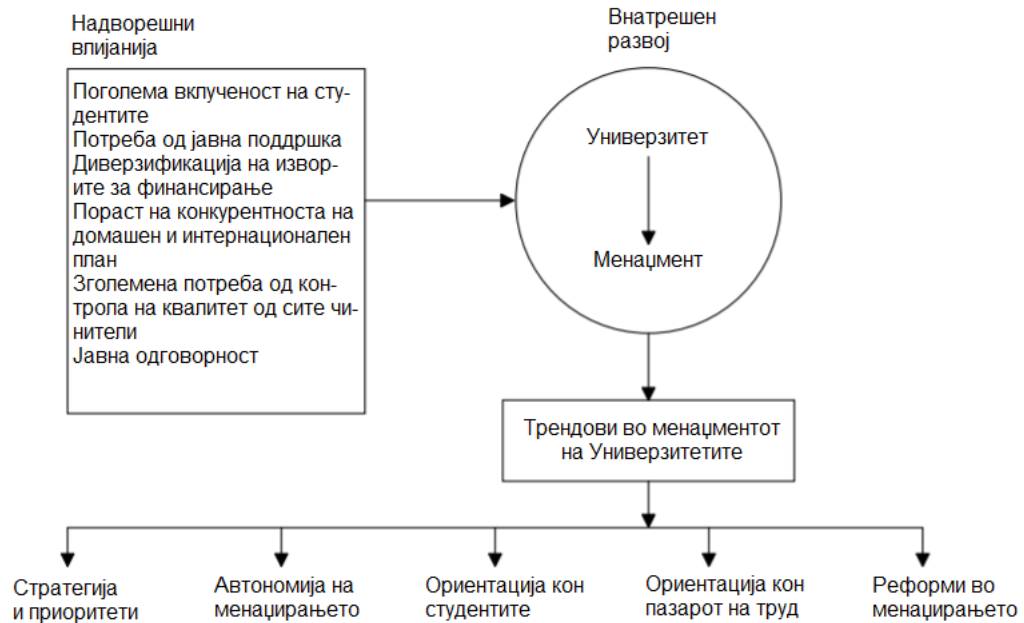
## **2.6. Пазарна и сервисна ориентација на високото образование**

Од аспект на релацијата на образовниот систем со пазарот на труд, концептот на пазарна ориентација на образовната понуда е неминовна. Пазарната ориентација претставува бизнис култура која на ефективен и ефикасен начин креира и испорачува корисна вредност за крајниот корисник, зависно од организациската култура и капацитет истото да го реализира континуирано согласно потребите на пазарот (Slater and Narver, 2000). Практично, на оваа основа е потребно да се изгради и целокупната стратегија за управување и функционирање на високообразовните институции (Deogratias Bugandwa, Mungu Akonkwa, 2009). Постојат бројни причини зошто се смета дека овој тип на ориентација може да биде ефективна (Slaughter and Leslie, 1999; Thys-Clemen, 2001; Salerno, 2004 и други), затоа што истата нуди можност за интеракција помеѓу промените кои се неизбежни во поглед на високообразовните институции (во квалитативна и квантитативна смисла, професионализација, промени во буџетот, ограничувања и диверзификација на ресурсите, промена и раст на барањата на различните засегнати страни во правец на контрола на квалитет и одговорност, технолошки промени итн.), меѓутоа и аспектот на начинот на реакција на институциите на овие промени, што неминовно води кон потребата од вклучување на концептот на маркетинг во високото образование (пазарната ориентација генерално се дефинира како имплементација на маркетинг концепт). Ова е реалност и на ниво на европско образование. Според бројните истражувачки студии, пазарната ориентација

може да помогне на универзитетите во нивното настојување успешно да ги надминат предизвиците кои се појавуваат со развојот и динамиката на промени во средината во која опстојуваат и согласно на тоа, да се менуваат и тие. Ова прашање е особено интересно во случаи кога на пазарот (на труд во случајов), понудата е поголема од побарувачката, или пак во контекст на навистина специфични потреби од кадар на пазарот на труд (Lambin, 2000).

Креирањето на вредност за консументите на продуктот генерално е многу повеќе од обична маркетинг дејност. Тоа е работа за целокупната организација. Секоја организациска функција работи и споделува информации во насока на зголемување на задоволството на крајниот корисник. Во тој правец, секој вработен во организацијата е неопходно да се приклони кон функционирање и однесување кои во целост ќе бидат во правец на зголемување на нивото на задоволство на крајниот корисник. Кога зборуваме за високо образование, зборуваме за студентите како директни крајни корисници на крајниот продукт во форма на знаења, вештини и компетенции со кои располагаат после завршувањето на студиите. Чекор напред во овој правец на размислување се и сите засегнати субјекти во академскиот свет и пазарот на труд генерално, кои понатаму ќе имаат корист од испорачаната вредност со која располага нивниот иден вработен кадар.

Сумирањето на литературата која ја обработува оваа проблематика покажува дека високообразовните институции се соочуваат со многу притисоци и влијанија, на кои е неопходно да реагираат, а со тоа и да ги следат трендовите во развојот на образованието.



Слика 2.2. Општествени влијанија и притисоци врз високообразовните институции и нивниот менаџмент  
 Figure 2.2. Environmental influence and pressure over higher education institutions and their management

Од слика 2.2. практично се согледуваат и аспектите кои е неопходно да бидат следени во овој контекст:

- Масификација – ако на самите почетоци универзитетите беа наменети за многу мал дел од популацијата, денес таа слика е сменета. Поголемиот број на студенти различни по возраст, пол, социјален, економски и општествен статус се појавуваат на вратите на универзитетот заради континуирана и растечка потреба од едукација во најразлични студиски програми и дисциплини. Така и процентот на возрасни луѓе со високо образование во рамките на организацијата за економска соработка и развој (Organization for Economic Cooperation and Development, OECD) порасна од 22% (1975) на 41% (2000) со тенденција за понатамошен раст. Повеќе студенти во принцип значи и повеќе предизвици во насока на операционализација (евентуално зголемување) на ресурсите, диверзификација на ресурсите на универзитетот за да може да ги опслужи различните категории на студенти (возраст, старост, социјално-економски статус итн.) и диверзификација на студиските програми и наставен кадар за да може да одговори на потребите на пазарот на труд (Jouve, 2001).

- Професионализација во високото образование – студентите кои излегуваат од Универзитетите е потребно да бидат подготвени да одговорат на предизвиците на пазарот на труд. За оваа цел е неопходно да постојат програми кои ќе ги поврзат универзитетите и различните сектори во пазарот на труд, односно социјално-економската потреба од конкретен кадар. Ова е потребно да се прави во услови на зголемена конкурентност, односно можност студентот да бира каде ќе го реализира своето високо образование. Развиените држави како Велика Британија, Холандија и Франција одделуваат државни средства и фондови кои им се на располагање на универзитетите, а во насока на креирање на конкурентни студиски и професионални програми, кои е бидат поатрактивни за идните студенти.
- Професионализација во поглед на наставниот кадар – професорите кои се ангажирани на универзитетите, освен нивната експертиза во полето/дисциплината каде што го имаат стекнато образованието, мораат да поседуваат и особини во наставно-педагошка или методолошка смисла, кои ќе бидат во тренд и со помош на кои испорачувањето на предвидените знаења, вештини и компетенции кон студентите ќе биде на најефикасно можно ниво;
- Трендови на диверзификација – зголемениот број на студенти, како и зголемената потреба од имплементација на нови студиски програми, секако значи и потреба од поголемо ниво на финансирање. Следствено на ова, постои отворена дебата (а во некои држави и пракса) за потребата да се зголемат средствата кои студентите ќе ги плаќаат за студирање, за да може да се издржи овој притисок, а со оглед на ограничувањата со кои универзитетите се соочуваат во делот на јавното финансирање (во Европа и другите OECD држави, трошоците кои студентите ги плаќаат во просек покриваат не повеќе од 20% од вкупните трошоци за реализација на студиските програми по студент). Освен овој пристап, се отвора и можност за пронаоѓање на други средства за финансирање, во поглед на други засегнати страни

во образовниот процес и задоволувањето на нивните потреби од кадар и други аспекти.

- Конкурентноста е во тесна врска со пазарната ориентација во смисла на:
  - Достапните фондови и извори на финансирање на институциите, како и пронаоѓање на нови механизми за финансирање;
  - Растот на бројот и карактерот, не само на универзитетите, туку и на други конкурентни институции (виртуелни, профитабилни институции, конзорциуми, корпоративски – наменски установи итн. кои имаат за цел да приграбат дел од пазарот) кои нудат одредени форми на формално образование и кои многу брзо реагираат на потребите на пазарот на труд, а што е во колизија со вообичаено бавниот одговор на традиционалните универзитети и
  - Интернационална конкуренција, каде се појавуваат други културолошко-политички прашања кои ја дефинираат позицијата на универзитетите. Ова е особено интересно во правец на општо прифатената пракса според која странските студенти на универзитетот во целост ја плаќаат школарината, со што универзитетот во старт располага со доволно средства за реализација на студиската програма.
- Контролата на квалитетот е еден од камен-темелниците на Болоњскиот процес. Истиот предвидува воспоставување на механизми за контрола на квалитет/акредитација, кои ќе имаат капацитет за генерално или внатрешно евалуирање на квалитетот. Европската асоцијација на универзитети (European University Association, EUA) го промовира овој чекор како есенцијален во насока на градење на силно Европско образование (European Higher Education Area, EHEA). Ова е практично одговорот на промените во делот на масификацијата и диверзификацијата на универзитетите и нивната понуда, што природно направи притисок да се внимава повеќе на квалитетот на студиските програми. Сите кои се засегнати имаат



потреба од силен квалитет и квалитетен излез (output) во поглед на нивните инвестиции. И самите студенти, својот избор го базираат токму на сè поприсутните квалитативни национални или интернационални рангирања на високообразовните институции. Следствено, трендовите во правец на контрола на квалитет мора да бидат пазарно ориентирани, бидејќи нивото на задоволство на пазарот на труд од понудата на образовниот систем е во срцето на модерниот маркетинг на ВО. Овој пристап е неопходно да биде институционална култура (Newby, 1999). Врската помеѓу конкуренцијата, побарувањата на засегнатите субјекти и квалитативниот пристап јасно покажуваат дека трендовите во контролата на квалитет се силно поврзани со растот на пазарната ориентација на високото образование.

- Автономијата на универзитетите е неопходна во правец на воспоставување на независна врска со пазарот на трудот, толку колку што е возможно. Автономијата е загарантирана и со Уставот на државата, како кај нас, така и ширум Европа од владите на државите, а во насока на нивна поголема слобода, ефикасност и ефективност во користењето на расположливите ресурси и постигнувањето на целите, особено во поглед на нивната флексибилност и прилагодливост на едукативната понуда, за да може да одговорат на пазарот на труд и неговата потреба, како и потребата на студентите (регуларни или возрасни студенти, програми за доживотно учење, учење на далечина и други форми на формално образование) и креаторите на политики.

Сепак, истражувачите нагласуваат дека сепак мора да постои црвена линија во смисла на класичната комерцијализација на универзитетите, што е непосакувана варијанта. Универзитетите имаат своја мисија, култура и структура (Bugandwa Mungu Akonkwa, 2008), што подразбира посебен третман во делот на имплементацијата на стратегија за долгорочен развој.

Третманот на високото образование како сервисен конструкт е релативно нов (во однос на банкарството, услужните дејности, комуникациските дејности, здравствените дејности итн.). Упатените во оваа проблематика ќе се сложат дека образованието ги има сите карактеристики на сервисна (услужна) индустрија. Образованието како сервис е нематеријално, хетерогено, нераздвојно од крајниот корисник кон кого се испорачува, променливо,

деструктивно (нестабилно) и во него учество зема и крајниот корисник, односно студентот. Дополнително, времето во кое живееме го олеснува прифаќањето на универзитетите во сервисниот сектор, каде клучен е сервисниот квалитет во контекст на неопходната конкурентност. Овој концепт на перцепција на високото образование е од круцијално значење за примената на DEA како математичка техника во контекст на испитувањето на квалитет на образованието како услужна гранка, каде услугата е преточена во испораката на образование и образовни квалификации.

## **2.7. Дефиниции за квалитет во високото образование**

Во контекст на искажаното досега, лесно се заклучува дека високообразовните институции градат неизбежен консензус во делот на нивната основна цел – стремеж кон квалитет од висок ранг, како во делот на наставната, така и во делот на научната/истражувачката дејност. Меѓутоа, многу е потешко да се идентификува што всушност претставува квалитетот, како истиот може да се препознае и како да се измери (а со тоа и да се управува). Ова може да се согледа и во многу документи и акти кои го регулираат ова прашање, како во домашни така и во интернационални услови, кои на моменти мошне добро објаснуваат детали од процесот кој практично е потребно да се примени за да се обезбеди квалитет, меѓутоа без ниту една прецизна дефиниција што претставува квалитетот во високото образование.

Според Британската агенција за обезбедување на квалитет (British Quality Assurance Agency, QAA, 2021) квалитетот се дефинира како:

*„Академски квалитет е форма за давање на оценка за тоа колку можностите за едукација кои се достапни на студентите се во насока на постигнување на нивните цели. Квалитетот практично обврзува на соодветно и ефикасно образование, поддршка, постигнувања и можности за учење кои ќе бидат достапни за крајните директни корисници на овој процес – студентите.“*

Дури и од оваа дефиниција, се поставува прашање дали е доволно да се користат дескриптивни и/или наративни конструкти или е потребно нешто повеќе од тоа?

Од она што може да се види од литературата во денешно време, а истото е особено реалност во нашата држава е наративниот контекст во кој се дава

одредена слика за квалитетот во високото образование. Многу автори ќе се согласат дека квалитетот во образованието е мошне тешко да се дефинира. Квалитетот во високото образование претставува мултидимензионален конструкт, симултано динамичен и контекстуален, различно перципиран од различните категории на засегнати страни во образовниот процес (Schindler, Puls-Elvidge, Welzant, and Crawford, 2015).

Терминот „квалитет“ води потекло од индустрискиот и бизнис контекстот. Не постои универзална дефиниција и во другите подрачја. Праксата покажува дека е различна дефиницијата во различни контексти, подрачја, продукти и организации, со цел адресирање на вистинските аспекти кои го дефинираат истиот. Квалитетот може да се дефинира и како вредност, сообразност со спецификациите, исполнување или надминување на очекувањата на корисникот и *fitness for use* (Ojasalo, 2014). Во контекст на услужните (сервисно ориентирани) дејности, доминира аспектот на задоволување на очекувањата на крајните корисници (или надминување на истите). Во контекст на дефиницијата на квалитетот како вредност, доминира цената на производот / услугата (сервисот) и соодветните атрибути евалуирани од страна на крајниот корисник кога го купува и користи производот (услугата, сервисот). Во агрегирана форма, од аспект на високото образование, квалитетот се дефинира како компонента под влијание на нивото на специјалност на образованието, нивото на конзистентност, соодветноста (*fitness for purpose*), квалитетот кој се добива за вложените пари и можноста за постигнување на соодветната (предвидена) трансформација.

Следните атрибути го дефинираат квалитетот во високото образование (Harvey and Green, 1993, Nicholson, 2011):

- Исклучителност – исклучително високи стандарди на академски напредок;
- Перфектност (конзистентност) – воспоставување на специфицирани процеси без грешка и култура на квалитет;
- Задоволување (исполнување) на очекувањата на засегнатите страни (*fitness for purpose*);
- Најдобра комбинација на трошокот, квалитетот и одржливоста во насока на задоволување на засегнатите страни (*value for money*). Уште

може да се однесува на степенот на поврат на инвестициите (*return of investment, ROI*);

- Трансформација – процес на квалитативна промена со нагласок на додадената вредност на студентите преку процесот на образование и нивно зајакнување.

Според (Astin, 1980), квалитетот е континуиран процес на критичко самоиспитување кое се фокусира на придонесот на институцијата (универзитетот) кон личниот и интелектуалниот развој на студентот. Притоа, ова гледиште мора да се трансформира во одредена влезно-излезна форма на универзитетите, што потоа ќе придонесе за нивно лесно рангирање и споредување.

## **2.8. Платформа за високо образование во Европа**

Во текот на Министерскиот состанок Будимпешта – Виена по повод 10 годишнината од Болоњскиот процес, во март 2010 година е воспоставена платформата за развој на Европското високо образование ЕНЕА (European Higher Education Area). Во контекст на главната цел на Болоњскиот процес, ЕНЕА е потребно да обезбеди конкурентно, кохерентно и компатибилно високо образование ширум Европа. За да може една држава да стане член на ЕНЕА, потребно е да потпише договор за пристап и ратификација на Европската конвенција за култура (Council of Europe, 2021, Европска конвенција за култура), која има за цел развој на меѓусебно разбирање помеѓу народите во Европа и реципрочна почит на нивниот културен диверзитет, да ја заштити европската култура, да ги промовира индивидуалниот придонес во европското културно наследство врз основа на заеднички фундаментални вредности и да го охрабри процесот на изучување на различните јазици, историски и цивилизациски аспекти на земјите потписнички.

### **2.8.1. Болоњски процес (Bologna Process)**

Болоња процесот претставува серија на состаноци на министерско ниво и договори произлезени од тие состаноци, помеѓу европските држави, а во насока на обезбедување на компатибилност и кохерентност во делот на *стандардите* и *квалитетот* на високообразовните системи, односно

квалификациите произлезени од истите (European Commission, 2021, Болоњски процес и ЕНЕА). Уште се дефинира како механизам за меѓувладина соработка помеѓу земјите членки во полето на високото образование. Важни аспекти во врска со Болоњскиот процес се:

- Конвенцијата за признавање на квалификации во високото образование потпишана во Лисабон, Португалија, во рамките на Советот на Европа, а во соработка со УНЕСКО, преку поради што често е именувана како Lisbon Recognition Convention (потпишана на 11 април, 1997 година, а ефективна од 1 февруари, 1999 година). Ова е главниот легален инструмент за признавање на квалификации во Европа, моментално ратификуван во повеќе од 50 земји (Council of Europe, 2021, Lisbon Recognition Convention). Ова е практично главниот правен документ кој го регулира прашањето на признавање на академските и професионални квалификации помеѓу различните држави.
- Болоњска декларација - Процесот го добива името по Универзитетот во Болоња, каде е потпишана Болоњската декларација помеѓу 29 европски земји од страна на нивните министри за образование, во 1999 година.
- Република Северна Македонија е потписник на Болоњската декларација од 2003 година.
- Болоњскиот процес, под закрила на Лисабонската конвенција за признавање (на квалификации) ја креира Европската област за високо образование (European Higher Education Area, ЕНЕА) во март, 2010 година.

Болоњската декларација практично ги обврзува земјите потписнички на зголемување на конкурентноста и натпреварот кон што поквалитетно образование, во контекст на што поголема независност и автономија на институциите. Во Декларацијата се идентификуваат следните носечки столбови и цели (ЕНЕА, 2021, Болоњска декларација):

- Воспоставување на систем за лесно препознатливи и споредливи степени на образование, вклучително и додатокот на диплома (Diploma

supplement), во контекст на промоција на вработливоста и меѓународната конкурентност на ЕНЕА;

- Воспоставување на систем базично од два главни циклуси на образование: додипломски и после дипломски студии. Завршувањето на првиот циклус (додипломски студии) е потребно да резултира со релевантна прифатлива квалификација на Европскиот пазар на труд, додека вториот циклус е потребно да резултира со степен на магистерски, односно докторски студии;
- Воспоставување на систем на кредити – Европски кредит трансфер систем (ECTS), како неопходна алатка за широка мобилност на студентите. Кредитите може да се стекнат и надвор од формалните високообразовни институции, како на пример аспекти на доживотно учење;
- Мобилност како категорија, како од аспект на студентите (студирање и тренинг), така од аспект и на наставниот кадар, истражувачите и администраторите во институциите, со директно признавање и валоризација на периодот поминат во контекст на мобилноста;
- Соработка на ниво на Европа во делот на обезбедување и контрола на квалитет, со развој на соодветни и споредливи критериуми и методологии, и
- Промоција на европска димензија во високото образование, во смисла на развој на студиските програми, меѓу институционална соработка, програми за мобилност и интегрирани / заеднички програми за студирање, истражување и тренинг.

Дополнителна алатка развиена под параванот на Болоњскиот процес се и квалификациските рамки на државите потписнички. Имено, според извештајот за имплементацијата на Болоња процесот во ЕНЕА од 2020 година (European Commission, 2021, BPIR), главни предизвици на овој процес после 20 години се насочувањето на високото образование кон адресирање на климатските промени и одржливиот развој, потребата од поинтензивен опфат на дигиталното образование, како и заштита на образовната заедница на законите по академската и институционална слобода и автономија. Тоа значи дека во изминатите две декади многу е сработено во делот на имплементацијата на

процесот во државите кои се обврзале на истото, во смисла на почитување на клучните приоритети:

- Хармонизација на степените на образование;
- Воспоставување на системи за контрола на квалитет и
- Промена на носечкиот концепт на образование од „наставникот во центарот на вниманието“ кон „студентот во центарот на вниманието“.

Во 49 држави (денешна ЕНЕА) постојат повеќе од 38 милиони студенти, што е зголемување за 18 милиони во последните 20 години, што само по себе укажува на масификацијата на образованието ширум Европа. Како процес кој ги вклучува Европската комисија, националните Влади, репрезентативни организации и институции од високото образование, студенти и други засегнати страни, оваа уникатна конструкција е самоуправувачка и не поседува легална моќ. Се базира на состаноци, извештаи и форми на притисок за имплементација, како уникатен модел за меѓународна соработка и реформи.

### **2.8.2. European Higher Education Area (EHEA)**

Како резултат на сите активности во делот на високото образование помеѓу 1999 и 2010 година во рамките на Болоњскиот процес, во март 2010 година се формира Европската област на високо образование или ЕНЕА (European Higher Education Area), што претставува платформа за интернационална соработка во полето на високото образование и е резултат на политичката волја на 49 држави кои се разликуваат помеѓу себе по политичка, културна и традиционална основа и кои и покрај тоа, изградија рамка за имплементација на заеднички обврски во делот на структурални реформи и заеднички алатки (ЕНЕА, 2021). Во оваа група припаѓа и Република Северна Македонија. Овие земји се согласија да имплементираат реформи во високото образование, основани на заеднички прифатени вредности, како што се слобода на изразување, автономија на институциите, независно дејствување и обединување на студентите, академска слобода и движење на студентите и наставно-научниот кадар. На овој начин, државите, институциите и сите засегнати страни во Европа континуирано го прилагодуваат својот образовен систем, зголемувајќи ја неговата компатибилност со останатите во Европа, преку засилување на механизмите за управување и обезбедување на квалитет. Освен

49-те земји членки, како консултативни членки (без право на глас) се следните 8 тела: Советот на Европа, UNESCO, Европската асоцијација на универзитети (European University Association, EUA), Европската асоцијација на институции во високото образование (European Association of Higher Education, EURASHE), Европската студентска асоцијација (European Students' Union, ESU), Европската асоцијација за квалитет во високо образование (European Association for Quality Assurance in Higher Education, ENQA), Меѓународно образование (Education International, EI) и Бизнес Европа (BUSINESS EUROPE).

ЕНЕА како платформа нема за цел стандардизација на националните образовни системи во делот на високото образование. Сепак, суштинските културолошко – историски разлики помеѓу државите остануваат да бидат почитувани и во иднина. Намерата на платформата е да обезбеди поголема меѓусебна препознатливост, како и поголемо ниво на доверба. Меѓусебното признавање на квалификации не се базира на споредба на содржината на студиските програми помеѓу институциите/државите, туку на дефиницијата и валидацијата на квалификациите (вештините, знаењата, компетенциите) со кои е предвидено да се стекнат студентите после завршувањето на студиските програми.

Главните цели на ЕНЕА се:

- Зголемување на мобилноста на студентите и кадарот;
- Зголемување на нивото на вработливост после завршувањето на студиите и
- Европска димензија на образовните системи.

Во таа насока, а имајќи ја во предвид диверзификацијата на националните образовни системи, државите кои се членки на ЕНЕА се обврзуваат на:

- Воспоставување на рамка на образовен систем во кој ќе фигурираат три циклуси на образование: прв циклус на студии (додипломски студии), втор циклус на студии (постдипломски или магистерски студии) и трет циклус на студии (докторски студии);
- Воспоставување на заеднички систем за лесно меѓусебно признавање на дипломите, односно стекнатите квалификации и периоди на учење (learning periods) согласно студиските програми и



- Воспоставување на систем за обезбедување и контрола на квалитет, во насока на зајакнување на квалитетот и релевантноста на учењето и наставата (European Commission, 2021, Болоњски процес и ЕНЕА).

## 2.9. Стандарди и насоки за обезбедување на квалитет во ЕНЕА

Во официјалните стандарди и водичи за обезбедување на квалитет во високото образование на ниво на Европска Унија (ENQA, 2015, Standards and Guidelines for Quality Assurance in the EHEA, ESG) произлезени од предлогот на Европската асоцијација за обезбедување на квалитет во високото образование (ENQA, 2005, European Association for Quality Assurance in Higher Education) усвоен од Министерите за образование (во првична форма во 2005 година, а финализиран во 2015 година помеѓу агенциите-членки и другите членки на Е4 групата – ENQA, EUA, EURASHE и ESU), не постојат конкретни обиди за прецизно дефинирање и идентификација на критериумите за мерење на квалитетот, ниту процеси и методологии како што тоа е потребно да се прави. Практично, се работи за множество од стандарди и насоки за витални компоненти кои е потребно да се покријат во процесот на евалуација на квалитет и кои во поширок контекст зборуваат за квалификациските рамки, ECTS, додатокот на диплома и мобилноста, односно признавањето на квалификациите. Според ESG, квалитетот кој не е лесно да се дефинира е *резултат на интеракцијата помеѓу наставниот кадар, студентите и институционалната средина*. Согласно на тоа, во контекст на обезбедувањето на квалитет мора да се вградат принципите на *отчетност* и *постојано унапредување* на образовниот систем. Самиот конструкт *контрола и обезбедување на квалитет* според ESG значи множество од сите активности во насока на континуиран процес на подобрување на образованието како процес.

ESG почива на неколку клучни намери и принципи за обезбедување на квалитет кои се во исто време доволно генерички да го почитуваат диверзитетот на различните политички системи, образовни системи, социјално-културни и образовни традиции, јазици, аспирации и очекувања. Со тоа, е потребно да се воспостави заедничко разбирање за обезбедувањето на квалитет во Европа, а

во исто време применливоста на овие стандарди да трпи разлики во различните држави и системи.

#### **Намери за обезбедување на квалитет:**

- Воспоставување на заедничка рамка на системи за обезбедување и контрола на квалитет за наставата и учењето на ниво на Европа, на национално и институционално ниво;
- Овозможување на обезбедување и подобрување на квалитетот во ЕНЕА;
- Меѓусебна доверба, во поглед на признавањето на активностите и мобилноста во и вон државите и
- Обезбедување на транспарентни информации во однос на обезбедувањето и контролата на квалитет во ЕНЕА.

#### **Принципи за обезбедување на квалитет:**

- Високообразовните институции имаат примарна одговорност во обезбедувањето и контролата на квалитетот;
- Контролата и обезбедувањето на квалитетот мора да одговара на диверзитетот на високообразовни системи, институции, програми и студенти;
- Контролата и обезбедувањето на квалитетот е во насока на развој на култура за квалитет и
- Контролата и обезбедувањето на квалитетот мора да ги зема во предвид потребите и очекувањата на студентите, другите засегнати страни во процесот и општеството во целина.

Според ESG, три основни столбови кои ја формираат рамката на обезбедување на квалитет во ЕНЕА се:

- **Внатрешна евалуација (самоевалуација) на квалитетот на институциите** – секоја институција мора да воспостави политика и соодветна внатрешна организациска поставеност за самостојно оценување, а што ќе овозможи континуиран процес на подобрување, преку инклузија на сите засегнати страни во образовниот процес – студентите, наставно-научниот кадар, студенти кои веќе ги завршиле своите студии, пазарот на труд и други општествени субјекти);

- **Надворешна евалуација (екстерна) на квалитет на институциите** – институциите мора да обезбедат пристап на нивната организација и функционирање, како и параметри и резултати кои го отсликуваат нивното работење, на надворешни, независни и официјални тела за евалуација (вклучително и телата одговорни за акредитација) и
- **Управување и обезбедување на квалитет од надлежните агенции**, односно тела одговорни за акредитации. Овие агенции е неопходно да имаат полна автономија во своето дејствување (независно дали се работи за влијанија во државна/јавна или приватна конотација). Нивната цел е евалуација на институциите, нивните студиски и образовни програми, заради создавање на линк помеѓу нив и јавноста во смисла на јавната одговорност која институциите мора да ја имаат.

За секој од овие три столбови, документот нуди стандарди (усогласени и прифатени практики за обезбедување на квалитет во EHEA) и насоки (објаснувања зошто се важни стандардите, со можни насоки за имплементација од добри практики). Во следната табела се дадени областите за кои се дефинирани соодветните стандарди и насоки на трите пилари на рамката за обезбедување на квалитет во EHEA (ENQA, 2015, Standards and Guidelines for Quality Assurance in the EHEA, ESG).

Табела 2.3. Три базични столбови на ESG  
Table 2.3. Three basic pillars of ESG

Внатрешна евалуација (самоевалуација)	Надворешна евалуација	Надлежни тела и агенции за обезбедување на квалитет
Политика за обезбедување на квалитет	Релација со самоевалуација	Активности, политики и процеси за обезбедување на квалитет
Дизајн и одобрување на студиски програми	Дизајн на методологии fit for purpose	Официјален статус
Студентот во центарот на вниманието, настава и оценување	Имплементација на процеси	Независност
Прием, прогрес, признавање и сертификација на студенти	Експерти за рецензија (peer review)	Тематски анализи
Наставен кадар	Критериуми за резултати (outcomes)	Извори
Ресурси за учење и поддршка на студенти	Извештаи	Внатрешна евалуација и професионалност
Управување со информации	Жалби и поплаки	Циклична надворешна евалуација
Јавно информирање		
Тековен и периодичен мониторинг на програмите		

### **2.9.1. Европска асоцијација за обезбедување на квалитет во високото образование (ENQA)**

Како посебен член во доменот на агенциите и телата за осигурување на квалитет во ЕНЕА, ENQA го претставува нивниот интерес на меѓународен план, дава поддршка на нивните национални политики и ги снабдува со сеопфатни сервиси и вмрежувања. Под чадорот на ENQA, заедницата од надлежните агенции и тела работат во правец на создавање на иновативни и рафинирани процеси на обезбедување и контрола на квалитет (ENQA, 2000, Мисија). Првично е воспоставена во 2000-та година како Европска мрежа за обезбедување на квалитет во високото образование во Европа (European Network for Quality Assurance in Higher Education – ENQA) и промената во 2004-та, кога го добива името Европска асоцијација за обезбедување на квалитет во високото образование (European Association for Quality Assurance in Higher Education). Основна цел на постоењето на ENQA е придонес во одржувањето и подобрувањето на квалитетот во високото образование во Европа, како и неопходноста да делува како основна движечка сила за развој на културата за обезбедување на квалитет во сите земји потписнички на Болоњскиот процес. Основната цел е претставена со следните три полиња на дејствување на ENQA:

- Претставување на интересите на агенциите за обезбедување на квалитет;
- Обезбедување на сервиси и услуги на членовите и засегнатите страни и
- Движење на развојот на полето на надворешната евалуација.

### **2.10. Квалитет во високото образование во РС Македонија**

Исто како и во другите европски земји (членки на ЕНЕА), така и во Република Северна Македонија, квалитетот на образовниот процес е мошне важен сегмент, како во контекст на позицијата во актите кои го регулираат ова прашање, така и од аспект на постојните тела во чија надлежност е токму квалитетот. Повеќе за ова прашање и начинот на неговата регулација во продолжение на текстот од ова поглавје.

### 2.10.1. Закон за високо образование

Во рамките на Законот за високо образование на Република Северна Македонија, постојат повеќе членови и/или ставови, кои го регулираат ова прашање во смисла на облигаторни чекори кои универзитетите е потребно да ги преземат во насока на воспоставување на механизам за управување и контрола на квалитет. Овие категории беа едни од појдовните аспекти во правец на градењето на конечниот модел на систем за управување и контрола на квалитет во рамките на овој докторски труд. Притоа, цитирањата се однесуваат на верзијата на Законот која е актуелна во моментот на работење на докторскиот труд – Закон за високо образование, Службен весник на РСМ бр: 82/2018 од 08.05.2018 година (Закон за високо образование на Република Северна Македонија, 2018). Дополнително, во Законот постои множество од аспекти кои се регулирани во делот на квалитетот. Во ова поглавје се извадени оние членови / ставови кои директно укажуваат на потребата од овој механизам и кои директно се земени во предвид (сите од нив) како перспективи на кои е потребно да се базира сеопфатниот модел за управување и контрола на квалитет.

- Предмет на уредување, Член 1 – „Со овој закон се уредуваат автономијата на универзитетот и академската слобода, условите и постапката за основање, статусни промени и престанок на високообразовните установи, нивната дејност, системот за обезбедување и оценување на квалитетот на високото образование, основите за организација, управување, развој и финансирање на високообразовната дејност, правата и обврските на студентите, признавањето на странските високообразовни квалификации и надзорот над работата на високообразовните установи.“
- Поимник, Член 2, Став 10 - „Евалуација” е процена на квалитетот на високото образование која опфаќа процедури за проценување на квалитетот во институциите за високо образование, на академскиот кадар и на нивните студиски програми според прифатените постапки и стандарди и водичот (насоките) за обезбедување на квалитет усвоени од европските институции за обезбедување на квалитет во високото образование и други организации и асоцијации кои имаат улога да ги воспоставуваат и применуваат европските стандарди и упатства за обезбедување на квалитет на европскиот простор за високо образование.

- Поимник, Член 2, Став 17 - „Националната рамка на квалификации“ е задолжителен национален стандард со кој се уредува стекнувањето и користењето на квалификациите во Република Македонија и инструмент за воспоставување систем на квалификации стекнати во Република Македонија со кои се даваат основите за прегледност, пристап, проодност, стекнување и квалитет на квалификациите, уредена со Законот за националната рамка на квалификации.
- Основни начела на високото образование, Член 3, Став 2, Точка 7 (начела на кои се заснова дејноста на високото образование) – „Учество на студентите во управувањето и одлучувањето, посебно во врска со прашањата што се од значење за квалитетот на наставата и студентскиот стандард.“
- Основни начела на високото образование, Член 3, Став 2, Точка 10 (начела на кои се заснова дејноста на високото образование) – „Обезбедување на квалитет и ефикасност на студирањето.“
- Цели на високото образование, Член 4, Став 2, Точка 4 – „континуирано подобрување на квалитетот и релевантноста на наставата и учењето.“
- Дејност на Универзитетот, Член 19, Став 2, Точка 12 – „создавање на систем за обезбедување и контрола на квалитетот.“
- Права и обврски на студентот, Член 27, Став 1, Точка 1 – „квалитетни студии и образовен процес како што е предвидено со студиските програми.“
- Права и обврски на студентот, Член 27, Став 1, Точка 3 – „право на изјаснување за квалитетот (оценување) на наставата и наставниците.“
- Глава петта, Обезбедување, оценување, развој и унапредување на квалитетот на високото образование, Општи одредби, Систем на обезбедување, оценување, развој и унапредување на квалитетот на високото образование, Член 40 - (1) Системот на обезбедување, оценување, развој и унапредување на квалитетот на високото образование опфаќа: - одобрување, потврдување и признавање на високообразовна установа и на студиски програми, за вршење на високообразовна дејност согласно со овој Закон, што се остварува преку системот на акредитација (во натамошниот текст: акредитација); - процена на квалитетот на вршењето на високообразовната дејност, на

управувањето, финансирањето, академските и други активности и нејзините приоритети, што се остварува преку системот на евалуација (во натамошниот текст: евалуација) и - други активности и механизми преку кои се развива и одржува квалитетот на високото образование утврдени со закон и актите на Националниот совет за високото образование и научно-истражувачката дејност. (2) Системот на обезбедување, оценување, развој и унапредување на високото образование се остварува преку Националниот совет за високото образование и научно-истражувачката дејност и Агенцијата за квалитет во високото образование. (3) При изборот на членовите на Националниот совет за високото образование, Одборот за акредитација на високото образование и Одборот за евалуација на високото образование се применува принципот на соодветна и правична застапеност на граѓаните кои припаѓаат на сите заедници со почитување на критериумите на стручност и компетентност согласно одредбите на овој закон.

#### **2.10.2. Агенција за квалитет во високото образование**

Оддел 3 од Законот за високо образование (Закон за високо образование на Република Северна Македонија, 2018) ја уредува легислативата врз која почива постоењето и функционирањето на Агенцијата за квалитет во високото образование, како самостоен стручен орган со седиште во Скопје, Република Северна Македонија. Официјалната мисија на оваа институција се состои во остварување на системот на обезбедување, оценување, развој и унапредување на високото образование во Република Северна Македонија (Агенција за квалитет во високото образование АКВО, 2021). Дополнително, зборуваме и за одржување на стандардите за квалитет и промовирање и подобрување на квалитетот на високообразовните установи и нивните студиски програми (согласно со прифатените стандарди и постапки на водичот кои се применуваат од Европското здружение за обезбедување на квалитет во високото образование).

Оваа институција е придружна членка во Европското здружение за обезбедување на квалитет во високото образование (ENQA).

Органи кои функционираат во составот на АКВО се:

- Одбор за акредитација на високото образование;
- Одбор за евалуација на високото образование и
- Директор на агенцијата за квалитет на високото образование.

Одборот за акредитација на високото образование претставува колективно тело кое ги утврдува условите за вршење на високообразовна дејност и го утврдува капацитетот за студирање на високообразовната установа; донесува решение за акредитација на проектот за основање на самостојна приватна или приватно-јавна високообразовна установа и нивните единици; одлучува за акредитација на научна установа за вршење високообразовна дејност на студии од втор и трет циклус на студии; утврдува исполнетост на условите за организирање на студии за нови студиски програми на високообразовната установа; одлучува за акредитација на ментори на докторски студии; и врши други работи утврдени со Законот за високото образование.

Одборот за евалуација на високото образование е колективно стручно тело које ја следи дејноста на високообразовните установи на кои им е дадена акредитација и решение за почеток со работа; го следи и оценува квалитетот на вршењето на високообразовната дејност, научно-истражувачката, уметничката и стручна работа на академскиот кадар на високообразовните установи, а посебно на нивните студиски програми (согласно со прифатените стандарди и постапки на водичот кои се применуваат од Европското здружение за обезбедување на квалитет во високото образование); и врши други работи утврдени со Законот за високото образование („Службен весник на Република Македонија“ бр. 82/2018).

Директорот на АКВО ја претставува и застапува Агенцијата за квалитет во високото образование; се грижи за спроведување на одлуките и решенијата на Одборот за акредитација на високото образование и Одборот за евалуација на високото образование; се грижи за материјално-финансиското работење на АКВО; се грижи за законитоста во работењето на АКВО; дава Решение за почеток со работа на студиски програми од прв и втор циклус на студии и други работи определени со Законот за високото образование („Службен весник на Република Македонија“ бр. 82/2018) и со општ акт.

Одборот за евалуација работи врз основа на соодветен Деловник за работа (АКВО 2021, Деловник за работа). Во Член 3 од овој документ јасно е наведено



дека евалуацијата се прави согласно ЗВО и согласно Правилникот за стандардите и постапката за надворешна евалуација и самоевалуација. Дополнително, истиот Член уредува дека работата на одборот се заснова на следење и оценување на квалитетот на вршењето на високообразовната дејност, научно-истражувачката, уметничката и стручната работа на академскиот кадар на високообразовните установи, во согласност со Законот за високото образование, Законот/Уредбата за Национална рамка на квалификации, Уредбата за утврдување на научно-истражувачките полиња на Меѓународната Фраскатијева класификација, Уредбата за мерилата и критериумите за финансирање на високото образование, Уредбата за мерила и критериуми за финансирање на научно-истражувачката дејност, Правилникот за нормативите и стандардите за основање на високообразовни установи и за вршење високообразовна дејност, Правилникот за содржината на студиските програми, Правилникот со кој се утврдуваат стручните и научните називи, Правилникот за нормативите и стандардите за основање на научни институти и за вршење научно-истражувачка дејност, Приоритетните области и програми за научно-истражување и технолошки развој, Програмите и проектите за меѓународна соработка.

### **2.11. Принципи и цели на евалуацијата во образованието**

Евалуацијата во образованието како процес се базира на неколку клучни принципи (Ogunniyi, 1984):

- Евалуацијата се прави во насока на оформување на образовните цели и материјали за учење, поедноставување и зголемување на ефикасноста на наставните методи и создавање на сеопфатни услови за спроведување на образовниот процес;
- Напуштање на концептот дека учењето е само пренесување/полнење со информации, туку зголемување на способноста на студентот за учење и разбирање на предметите во состав на студиските програми;
- Премин од пластично оценување кон евалуација во што е можно поголем обем во сите аспекти на студирањето, а во насока на утврдување на клучните сегменти и аспекти на процесот, како и додавање на вредност во генерирањето на квалитетен кадар;

- Квалитетен систем за евалуација мора да биде сеопфатен и способен за прецизно мерење на состојбата и евентуалните промени.

Моделот за евалуација на студиските програми во високото образование предложен во рамките на овој докторски труд, преку неговата скалабилност и можност за постојани надградби и измени ќе може во целост да послужи за исполнување на мноштво цели, од кои дел се наведени во продолжение:

- Утврдување на релативната ефикасност на студиските програми во смисла на крајниот производ кој истите го генерираат;
- Генерирање на крајни резултати и толкување на истите во насока на понатамошно планирање;
- Утврдување на оправданоста на вложените ресурси во смисла на време, енергија и други аспекти во спроведувањето на студиските програми и наставниот процес;
- Идентификација на нивото на раст (позитивно или негативно) во смисла на стекнување на предвидените знаења, вештини, однесувања и социјални вредности;
- Идентификација на ефикасноста на наставните техники, однесувања, карактеристики, како и материјали за учење / студирање;
- Мотивација на студентите за поголемо учество во образовниот процес и развој на дисциплина и систематски пристап кон студирањето, преку инволвирање на нивното мислење и гледиште за аспектите на студирањето, студиските програми и процесот во целина, како и можноста за следење на сопствениот напредок;
- Генерирање на соодветни информации и извештаи кои се неопходни за креаторите на политиките (управните органи) во контекст на ефикасноста на студиските програми, односно наставниот кадар и потребите на образовниот процес, преку давање на соодветни препораки за подобрување и зголемување на ефикасноста, во насока на ефикасно управување со ресурсите;
- Идентификација на проблеми и прашања кои можеби не се видливи поинаку, а влијаат на исходот во смисла на постигнувањето на крајната цел;

- Предвидување на трендовите во развојот и промените на образовниот процес и спроведувањето на студиските програми;
- Утврдување на нивото на образование на студентот по завршувањето на студиите во смисла на неговата соодветност согласно студиските програми и пазарот на труд.

## **2.12. Сумарни заклучоци и појдовни хипотези**

Од наведеното досега, може да се заклучи дека кога се работи за квалитетот во високото образование, станува збор за сеопфатна и комплексна тема во која се преплетуваат различни перцепции. Впрочем, истото може да се види и во поглавјето кое се однесува на преглед на литературата која досега работела или работи на оваа проблематика. Сепак, може да се направи и јасна конвергенција на ставовите и аспектите кои се опфатени како од литературата, така и од актуелната легислатива и акти кои на ниво на држава и Европа го регулираат ова прашање.

Во тој контекст, во рамките на оваа докторска дисертација е направен сублимат од мноштво фактори/критериуми кои директно влијаат на квалитетот на високото образование во смисла на високообразовните студиски програми, на директен начин во форма на математички модел кој ќе служи за утврдување на квалитет на студиските програми како најважни структурни единици на високообразовните процеси. Притоа, утврдувањето на важните (од вкупното множество) фактори кои го дефинираат квалитетот на излезниот резултат од образовниот процес резултираше со градење на модел во кој факторите од различна природа се сумирани согласно применливата природа на математичките техники кои се употребени за градење на моделот, со што како исход е добиен компаративен излезен резултат кој може да одговори на прашањата поврзани со квалитетот на субјектот кој бил предмет на анализа – во случајот, студиските програми како предмет на евалуација.. Утврдувањето на нивоата на важност на параметрите кои се земени во предвид е реализирано во директна комуникација со управните органи на неколку универзитети, релевантни претставници од Министерството за образование и наука, како и други претставници кои учествуваат во процесите на креирање на политики на универзитетот/ите.

Согласно регулативите и насоките на ниво на Европа и секако, согласно Законот за високо образование, актите на АКВО и другите легитимни документи, фокусот на испитување на квалитетот врз чија основа е изграден конечниот модел во рамките на овој докторски труд е концентриран на:

- Содржинската / суштинската страна на наставните содржини кои се изучуваат на универзитетот, односно предметите во рамките на студиските програми во смисла на материјата, тематските области кои се обработуваат, исходите од учење кои се предвидени да се стекнат со нивното изучување и нивниот однос со пазарот на труд и
- Методолошката (наставно-педагошка) страна на студиските програми, во смисла на елементите кои го карактеризираат начинот на испорака на теориско-практичната страна на учењето од аспект на процесот и интеракцијата помеѓу наставниците и студентите, преку што се реализира испорака на предвидените знаења, вештини и компетенции кои се предвидени со актите (елаборатите) за акредитација на тие студиски програми.

Токму преку третирање на овие два најважни аспекти како предмет на анализа е направен обид за воведување на интегрален револуционерен модел за сеопфатна контрола на квалитет во високото образование во поглед на студиските програми, со многу позитивни карактеристики кои ќе бидат наведени во продолжение.

### **2.13. Примена на математичките алатки за обезбедување на квалитет на сервисно ориентирани субјекти**

Сервисната поставеност на образованието, во кое се вложуваат ресурси за да се создадат резултати овозможува примена на математички модели на нелинеарно програмирање во контекст на мерењето на ефикасноста како показател за квалитетот на истото. Една од најголемите придобивки со примената на овие техники и пристапот во целина е транзицијата квалитет → квантитет, со што се овозможени понатамошните пресметки и примена на моделот. Примената на техниките од математичка оптимизација овозможува интеграција на множество од параметри кои го дефинираат квалитетот во поглед на генерирање на извештаи за квалитет.

Моделите кои почиваат на нелинеарно (неконвексно) програмирање нудат нова форма на дефинирање на ефикасноста во поглед на евалуацијата на перформансите на (не)профитни јавни сервиси или сервисно ориентирани организации (Charnes, Cooper & Rhodes, 1978). Скаларното мерење на ефикасност на поединечните субјекти е овозможено со примена на посебни методи кои објективно ќе ги утврдат нивните „тежини“ преку набљудување на сите влезни и излезни параметри на тие субјекти. Ова согледување има своја еквиваленција во моделите кои почиваат на линеарното програмирање во контекст на ефикасни и полесни пресметки. Дуалните репрезенти на тие модели од линеарното програмирање претставуваат нова форма за проценка на ефикасноста, во контекст на евалуација и управување во делот на сервисно ориентираните субјекти.

Математичкото програмирање (или популарно познато како математичка оптимизација) претставува математички пристап за избор на најдобрата од понудените / можни алтернативи на решавање на одреден проблем (алтернативи кои вообичаено припаѓаат на одредено множество). Во наједноставен пристап на математичката оптимизација, доколку одреден проблем кој е предмет на анализа се претстави како математички модел, односно преку модел-функција (функција на продукција или функција на цел, production function), проблемот се сведува на одредување на оптималната (минимална или максимална) вредност на истата (Aronson, E. J., Zions, S., 1998).

Линеарното програмирање (ЛП), кое претставува посебен случај на математичката оптимизација претставува ефективен метод кој наоѓа огромна примена за решавање на оптимизациски проблеми во областа на индустријата, образованието, транспортот, економијата итн. Примената на ЛП подразбира претходно моделирање на проблемот кој е предмет на анализа и оптимизација, со разгледување на проблемот како дел од влезно / излезен систем со влезови и излези, претставени преку променливи со свои карактеристики, кои имаат одредени конкретни линеарни ограничувања и преку нив математички, во форма на линеарна равенка, може да се претстави функцијата на цел која всушност е предметот на оптимизацијата (Карчицка, 2000). Кај проблемите кои се решаваат со примена на линеарното програмирање, функцијата на цел која е предмет на максимизирање (минимизирање) е линеарна функција и е предмет на одредени

ограничувања кои се во форма на линеарни равенки/неравенки. Во суштина, се бараат условните екстреми на линеарната функција со повеќе променливи.

Она што е многу важно во насока на коректна примена на линеарното програмирање како математички модел за оптимизација на функцијата на целта, која во пракса може да репрезентира вкупни приходи со цел пронаоѓање на комбинацијата од параметри кои ќе овозможат максимален можен приход, односно вкупни расходи со цел пронаоѓање на комбинацијата од параметри кои ќе овозможат минимални можни трошоци, е генерирањето на јасен и прецизен модел кој ќе ја отсликува реалноста.

Сервисниот аспект на високото образование го сместува овој сегмент во влезно-излезни индустрии, во кои се вложуваат одредени ресурси за да се добие соодветен излезен резултат. Односот на влезните и излезните параметри го дефинираат и квалитетот на субјектот. Во тој контекст, природна е примената на техники од математичка оптимизација, односно линеарно програмирање, во насока на конвергенција и вмрежување на различните параметри и критериуми кои го дефинираат квалитетот дефиниран преку одредена функција на цел, а за која имаме потреба да ја најдеме оптималната вредност.

Притоа, бројот на критериумите кои утврдуваат квалитет во општествената компонента на високото образование е голем. Во многу научни трудови може да се сретнат различни гледишта од аспект на прашањето кои се важни критериуми кои влијаат на квалитетот на излезниот продукт и каков е нивниот приоритетен распоред. Секако, различни критериуми се од различна важност за различните засегнати страни во образовниот процес. Од овде се поставува и прашањето/потребата за формата како да се земат сите овие критериуми во предвид, со тоа што ќе се утврди и нивното реално влијание во крајниот резултат. Ова директно води кон потребата од примена на техника за анализа и избор на/од множество од критериуми и алтернативи (MCDM – Multiple Criteria Decision Making), што претставува под-дисциплина на операциските истражувања и се занимава со проценка и евалуација на множество од различни критериуми во процесот на донесување на одлуки, кои може да бидат и во конфликт помеѓу себе. Притоа, структурирањето на комплексни проблеми како што е испитувањето на квалитет во високото образование, со земање во предвид на сите критериуми експлицитно води кон донесување на подобри одлуки на крајот од MCDM процесот (Bonissone, Subbu and Lizzi, 2009).

За реализација на конечната верзија на математичкиот модел се применети следните математички методи (техники): Data Envelopment Analysis (DEA) и Analytic Hierarchy Process (AHP). Она што е важно да се напомене е присуството на компаративниот момент во двете техники, каде врз основа на одредени критериуми и параметри, од множество на фактори и параметри кои се предмет на анализа, со добро изграден модел се создава многу јасна слика во однос на поважните/поквалитетните, односно помалку важните/квалитетните членови на множеството чиј квалитет е предмет на испитување. Со тоа, моделот креира јасна слика за квалитетот на студиските програми, односно предметите кои се во состав на студиските програми кои всушност се предмет на анализа. Во исто време, преку креирањето на ваква слика во форма на евалуациски извештај, евидентно може да се утврдат „слабите“ точки на системот и може да се дадат ефективни предлози за надминување на истите.

### 3. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРАТА

Постои бројна литература која го обработува аспектот на квалитет во високото образование на глобално ниво. Ова се однесува на генералните механизми за обезбедување на квалитет до поглед на телата за акредитација и евалуација, како и различните модели и концепти. Генералниот заклучок во поглед на постојните концепти е потребата од заедничка рамка / модел, бидејќи не постои унифицирана дефиниција или модел за обезбедување на квалитет (Ryan, 2015). Иако квалитетот во принцип е работа на телата за акредитација и евалуација, голем дел од предизвикот лежи и во потребата од вклучување на студентите во мрежата на важни чинители (покрај вработените во универзитетот, пазарот на труд и другите), бидејќи токму во нив се инвестираат време и средства (студентот во центарот на вниманието) и нивниот feedback е круцијален. Според некои проекции, во 2025 година се очекува бројот на студенти глобално да достигне 263 милиони, што е зголемување од околу 163 милиони во однос на 2000 година, кога глобално имало нешто помалку од 100 милиони студенти (Karaim, 2011). Ова природно ја зголемува потребата од квалитетно образование, особено со респект на интернационализацијата на Универзитетите и зголемената мобилност (Hou, 2012, Varonism, 2014). Ова прашање кое секако е во корелација со локалната и меѓународна легислатива и стандарди е круцијално во многу држави, што природно продуцираше потреба од соработка помеѓу телата и агенциите за акредитација, како и усвојување на одредени заеднички одлуки, рамки и насоки (OECD @ World Bank, 2007). Таква заедничка рамка ќе обезбеди конзистентно оценување на дизајнот, суштината и педагошкиот аспект на образовниот систем (Puzziferro & Shelton, 2008).



Слика 3.1. Концепциски модел на QA во ВО  
Figure 3.1. Conceptual model of QA in HE



### **3.1. Концепциска поставеност на квалитетот во високото образование**

Интернационализацијата на високото образование секако е поврзана со зголемена потреба од одговорност и транспарентност, што природно води кон развој на култура за квалитет (Smidt, 2015). Во пракса, контролата на квалитет значи надворешно и независно, објективно оценување (од трета страна). Ова секако може да се однесува на институции, продукти, студиски програми, услуги и процеси и секако, на крај резултира со препораки за подобрување. И покрај мултидимензионалниот контекстуален аспект на QA, постои јаз помеѓу перцепциите на различните професионалци во делот на академската средина и помеѓу студентите (Smidt, 2015). Неколку клучни димензии на квалитетот се извонредноста, вредноста, доследноста и нивото на исполнетот на потребите и очекувањата, меѓутоа е мошне тешко да се изгради една рамка за обезбедување на квалитет која ќе ги адресира сите прашања. Затоа се прави избор за каков квалитет ќе станува збор при оценувањето, односно кои негови страни (Harvey, 2014; Wilger, 1997).

Перцепциите според кои се карактеризира квалитетот во високото образование се многу. Според (Barnett, 1992), постојат две концепции на квалитетот во образованието. Првиот концепт се базира на вредноста и интелектуалноста на академската средина (универзитетот). Овде зборуваме за карактерот и квалитетот на придонесот на членовите на високото образование повеќе, отколку за резултатите од образовниот процес. Другиот концепт се базира на перцепцијата на перформанси на системот, според кој високото образование продуцира излезен резултат, односно тоа е систем со инвестиции и резултати. На овој начин, квалитетот може да се мери преку соодветни индикатори за успешност. Според (Lundberg & Schreiner, 2004; Vincent, 1987), квалитетот е потребно да се лоцира и мери во интеракцијата помеѓу факултетот и студентот. Исто така, литературата зборува за бројни дефиниции на квалитетот во високото образование. Постојат две генерални стратегии според кои може да се изгради дефиниција за квалитет (Schindler, Puls-Elvidge, Welzant, and Crawford (2015). Според првата, дефиницијата сигурно ќе биде широка, меѓутоа ќе содржи една главна цел или излезен резултат. Според другата стратегија, дефиницијата мора да ги идентификува специфичните индикатори

кои ќе ги рефлектираат инвестираните ресурси, односно влезовите (пример, академската средина, факултетот, вработените итн.) и излезните резултати (пример, фактор на вработеност на студентите) (Schindler et al, 2015). Она што се наметнува како одговор на прашањето зошто не постои заедничка рамка за квалитет лежи во различното адресирање на ова прашање во различни региони и различни јурисдикции на кои се потпираат акредитациските тела и агенции за квалитет. Така, додека помеѓу одредени акредитациски тела од различни јурисдикции постои договор за меѓусебно признавање на стандардите за квалификации, помеѓу други процесот на признавање зависи токму од такви тела и агенции кои го регулираат ова прашање.

### **3.2. Акредитациски тела и процеси**

Според Советот за акредитација во високото образование на САД (Council of Higher Education Accreditation, 2007), три клучни фактори го определуваат трендот за управување со квалитет. Првиот е факторот на компетитивност/конкурентност на управувањето со квалитет, која е поголема од било кога претходно. Второ, управувањето со квалитет има тенденција на регионализација (регионално признавање). Трето, постои потреба од воведување на рамка за меѓународен механизам за управување со квалитет која ќе биде признаена и реципрочно користена помеѓу системите. Овде треба да се води сметка токму за различните јурисдикции во кои може да мигрира знаењето (студентите). Ова неминовно води кон поголема свесност за вистинските атрибути и побарувања на ваквите механизми за контрола на квалитет (Wong, 2012). Акредитацијата практично преставува преглед на квалитетот на високообразовните институции и програми (CHEA, 2014). На една институција или студиска програма ѝ се дозволува почеток со работа доколку задоволува минимум стандарди за квалитет во делот на факултетот, администрацијата, студиските програми и нивната содржина, студентските сервиси и финансиската кондиција (Eaton, 2011). Во програмите за работа на агенциите за квалитет се вгнездени стандарди и процедури кои ќе ги насочат институциите кон континуирано подобрување, преку поднесување на пријави за акредитација/реакредитација на одреден период. Токму врз основа на така поднесените пријави се даваат и препораки за подобрување. Во нашата држава,

тоа е Агенцијата за квалитет во високото образование (АКВО), во чиј состав функционираат Одборот за акредитација (ОА) и Одборот за евалуација (ОЕ).

### **3.3. Модели, истражувања и предизвици во управувањето со квалитет на високото образование**

И покрај тоа што постојат модели и примени на механизми за управување со квалитет во литературата, сепак постои одредена доза на скептицизам за ефективноста на сите тие модели за управување со квалитет (Asif, Raouf & Searcy, 2012). Една од причините е разликите кои постојат во типот на услугите и рамките, односно правилата и дефинициите за квалитет според кои работат и функционираат различните агенции и тела (системи, држави).

Еволуцијата на концептот на испитување на квалитет има претрпено значајни промени во минатото. Пример за таква еволуција е Англија. Имено, еден од најзначајните аспекти и методи кои го дефинираа овој пат беше процесот на оценување на квалитетот на наставниците во 1980-ите (Teaching Quality assessment, TQA) како тогаш нова методологија за евалуација, од надворешни инстанци на база на проверка од компетентни субјекти (peer review), со што се генерираше оценка на институционално ниво. Понатаму, TQA еволуираше во нова методологија која фокусот го задржа на евалуација на предметите (1995-2001), за во наредна фаза да биде заменета со институционална проверка која ќе се спроведува од надлежната агенција за управување со квалитет.

Според (Cheng, 2010) кој има работено на полето на влијанието на квалитетот и процесот на евалуација врз работата на академската средина во Англија, преку анализа на нивната перцепција и искуство од спроведената евалуација, лоцирани се осум критериума за контрола на квалитет и тоа:

- Интерни критериуми:
  - Проверка од компетентни субјекти;
  - студентско оценување на предметот;
  - годишна оценка на програмите и
  - систем за евалуација/одобрување на нови и тековни програми и предмети.
- Екстерни критериуми:
  - надворешни проверки од надлежната агенција;

- два надворешни системи за анализа и
- регулаторни тела.

Параметрите кои беа анализирани како влијателни точки од претходно споменатите осум критериуми (во седум Универзитети во Англија) се: наставна пракса, развој на курикулум, односот факултет (наставник) – студент и обемот на работа на факултет. Анализата покажа дека евалуацијата на квалитет сепак носи одредени контроверзности. Две/третини од испитаниците (академската средина) сметале дека проверката била непотребен и бирократски, затоа што тие работеле на настава и истражување. Според (Cheng, 2010), ова е сигнал за потребата од автономија. Отпорноста одела дотаму, што фелата која покажувала отпор дури си играла игри со механизмот за проверка. Дополнително, се појавиле и прашања на контрола и моќ, односно професорите гледале далечна (од нив) и за нив непотребна врска (врс која немаат моќ и одговорност) помеѓу универзитетот и надлежната агенција за обезбедување на квалитет. Ова продуцираше потреба да се изгради тесна врска помеѓу универзитетот и телата за проверка и контрола на квалитет.

Според одредени истражувања и анализи, 43% од испитаниците на ниво на ЕНЕА го следат контекстот на поврзување на резултатите од контролата на квалитетот со квалификациските рамки во Европа, меѓутоа само седум агенции/тела дале извештај дека овој процес е успешно имплементиран (Grifoll et al., 2012). Според него, следните аспекти претставуваат добри практики на контрола на квалитет:

- Практики во поглед на надворешни процедури за контрола на квалитет;
- Практики кои ќе го подобрат нивото на вклученост на чинителите во високото образование во поглед на контролата на квалитет и
- Практики кои ќе овозможат подобрување на инфраструктурата и ресурсите на телата/агенциите.

Неколку генерални предизвици се идентификувани во поглед на воспоставувањето на механизмите за контрола на квалитет. Едниот од нив е вклучувањето на потребите на вработените во факултетот и останатите чинители во процесот за обезбедување на квалитет (Altman, Schwegler and Bunkowski, 2014). Во овој правец се предлага процес на внатрешна проverka од

компетентните колеги како најефикасен пристап, преку генерирање на квалитативна оценка за членовите на факултетската заедница. Иако конкретното истражување е правено за оценување на online курсеви со рецензија, генералниот заклучок е дека преку ваков тип на оценка е возможно директно да се идентификуваат/критикуваат аспекти за кои можеби заедницата и не е толку свесна во формална смисла. Дополнителен предизвик лежи и во прашањето како да се воспостави култура на квалитет. За оваа цел, сите засегнати страни кои гравитираат во и околу институцијата е потребно да бидат дел од иста визија во однос на прашањата што е квалитет, како истиот да се одржи и подобри (Lomas, 2003). Дополнително, многу важен предизвик е и вклучувањето на напредниот технолошки развој (Stella and Gnanam, 2004). Со интеграцијата на технолошките алатки се зголемува и очекувањето од надлежните тела и агенции за контрола на квалитет да понудат повеќе информации за квалитетот, кои суштествено ќе овозможат донесување на интелегентни одлуки за подобрување.

#### **3.4. Студентите и нивниот придонес во управувањето со квалитет**

Постои општ консензус дека студентите мора да бидат вклучени во контролата на квалитетот. Вообичаено, вклучувањето на студентите во евалуацијата и подобрувањето на квалитетот се прави преку спроведување на специфични активности, како одговарање на наменски интервјуа и прашалници насочени кон одредени фокус групи на студенти, меѓутоа и нивно директно учество во тимови кои се одговорни за спроведување на процесот на евалуацијата (Elassy, 2013). Квалитетот на образовната услуга на универзитетот е особено важен во системи каде контекстот е насочен кон поставување на студентот во центарот на вниманието. Евалуацијата на студиските програми од страна на студентите е важен инструмент во правец на тригерирање на процеси за нивна оптимизација (Stukalina, 2014). Дури се оди дотаму дека перцепцијата на поединечните студенти мора да биде основа за квалитетот по сите основи и појдовна точка за сите процедури за контрола на квалитет (Carmichael, Palermo, Reeve & Vallence, 2001). Учеството на студентите во процесите на (само)евалуација е добра пракса за нив, особено затоа што нивната перспектива и перцепција не може да биде репродуцирана. Тие како чинители во процесот,

вложуваат и финансиски средства и време, со што имаат особен интерес во неговото подобрување (Alaniska et al., 2006).

Според Европската асоцијација за контрола на квалитет (ENQA), одредени агенции се соочуваат со предизвикот да се пронајдат доволно квалификувани студенти за да учествуваат во процесот. Се предлага тоа да бидат студенти кои имаат учество во факултетот или други тела/бордови во рамките на факултетот, со претпоставка дека на тој начин стекнале искуство и визија за учество во QA евалуации. Бенефитите кои произлегуваат од учеството на студентите во QA се бројни: развој на комуникациски вештини, аналитичко размислување, критичко размислување, лидерски способности итн. (Elassy, 2013). Одредени истражувања покажале дека ова е особено важно во смисла на создавање на одговорност од студентот кон студиските програми, поради појавата на чувството на сопственост врз истите. Студентите имаат разбирање на повеќе нивоа на квалитетот во високото образование. Нивниот придонес е секако во контекст на зголемување на транспарентноста во образовниот процес, а во поглед на потребните промени (Palomares, 2014).

### **3.5. Димензии на контролата и управувањето со квалитет**

Прегледот на литературата и различните искуства во поглед на поставувањето на димензии на квалитет кои ќе бидат релевантни за високообразовните институции води кон богато множество од параметри и аспекти. Практично природно може да се формира листа на параметри кои ќе го адресираат квалитетот, во контекст на задоволување на сите засегнати страни. Особено за академската средина, таква листа ќе биде секогаш плодна почва за дискусија со оглед на различните перспективи и перцепции, меѓутоа би била добра основа во контекст на создавање на унифицирана рамка која ќе ја определи димензијата на испитување, особено во услови во кои квалитетот е основа за долготраен успех (Sahney, Banwet and Karunes, 2003).

Едукаторите и едуцираните (односно професорите и студентите) се најочигледните карактери во една образовна институција или во поглед на множеството на засегнати страни, каде спаѓаат државни тела, агенции, останати вработени во универзитетот/ите, пазар на труд или поподробно – граѓани, даночни обврзници, родители, студенти, едукатори и тренери, институции,

универзитети, вработени, управни одбори, владини претставници, оддели и сектори, агенции и локална власт (Hewitt & Clayton, 1999, McAdam & Welsh, 2000). Клучот за градење на квалитетен модел и механизам за управување со квалитетот е земањето во предвид на перцепцијата на сите нив во контекст на прашањето на успешноста и соодветноста на високото образование во поглед на студентските потреби (Madu & Kuei, 1993).

Постојат три генерални перспективи на перцепција на образовните институции (Houston, 2008):

- Економска перспектива, од гледна точка на пазарот на труд и индустријата;
- Социјална перспектива, од гледна точка на фамилиите на постојните и потенцијални студенти, како и заедницата во која живеат и
- Едукативна перспектива, од гледна точка на академската заедница.

Со оглед на фактот што образовниот квалитет е повеќеслоен и мултидимензионален, неговото оценување и мерење е мошне тешко да се реализира само преку една од наведените перспективи (Sahney, Banwet & Karunes, 2008). За да се подобри квалитетот на образованието, неопходно е прецизно да се познаваат квалитативните димензии и да се направи квантификација на постојните квалитативни нивоа. Следствено, се поставува прашањето: кои се димензиите за квалитет во високото образование? Од одговорот на ова прашање понатаму, полето за работа стриктно зависи од моделот и перцепцијата на истражувачот.

За да се конструира појдовна рамка на димензиите на квалитетот во високото образование, правени се многу сеопфатни истражувања кои се објавени во еминентни журнари и публикации (Kundu, 2016). Преку метод на дедуктивно заклучување може да се исцртаат критичните димензии на образовниот квалитет на кои може да се влијае во иднина на различен начин. Многу е веројатно дека димензионирањето мора да почива на основата дека квалитетот има „fitness for purpose“ (концепт според кој продуктот или сервисот е адекватен на намената за која корисникот го избрал тој продукт) и “value for money“ (продуктот или сервисот е вреден за инвестираните пари) карактеристики (Harvey & Green, 1993).

Високообразовните институции мораат да ги задоволат потребните на различните засегнати субјекти во процесот, преку дизајн на соодветен систем составен од квалитетна управа, технички и социјален систем (Sangeeta, Vanwet and Karunes (2003). Квалитетот во образованието мора да биде дефиниран од перспектива на квалитетот на инвестираните ресурси - влезните параметри (inputs), квалитетот на процесите – спроведувањето на образовниот процес (студиските програми) и квалитетот на добиениот резултат - излезните параметри (outputs).

### 3.5.1. Квалитет од аспект на пазар на труд

Во прилог е наведен табеларен преглед на важни карактеристики, односно параметри кои го дефинираат квалитетот на високото образование во поглед на атрибути и дескриптори кои ги профилираат студентите кои ќе ги завршат студиските програми.

Табела 3.1. Преглед на карактеристики кои го дефинираат квалитетот според работодавачите / пазарот на труд  
Table 3.1. Review of quality assurance important parameters from employers' perspective

Автори	Параметри и карактеристики	Опис
Harvey & Green, 1993	Знаења и вештини	Пет генерални полиња / карактеристики
	Интелектуална способност	
	Способност за работа во модерна организација	
	Меѓучовечки вештини	
Hewit & Clayton, 1999	Комуникациски вештини	Десет способности кои образовниот систем мора да ги испорача на завршените студенти
	Ефективни комуникациски вештини (орални и пишани)	
	Потенцијал за вработување	
	Себе-управувачки вештини (self-management)	
	Вештини за решавање на проблеми (problem-solving)	
	Испорака на специфични знаења потребни за професијата	
	Способност за тимска работа (teamwork)	
	Иновативност (do things in new ways)	
Martensen and Gronholdt, 2009	Стекнување на практично искуство	Професионални квалификации
	Способност за користење на ИКТ технологија	
	Пристап кон опционални (изборни) теми (предмети)	
	Суштински знаења од областа	
	Широки познавања од областа	
	Познавање на јазици	
	ИКТ вештини	
	Комуникациски вештини	



Бизнис знаења и вештини	
Способност за примена на теоретското знаење	
Способност за креирање на резултати	
Флексибилност	
Посветеност	
Способност за соработка	
Прилагодливост	Лични и социјални компетенции
Мотивација за учење на нови нешта	
Меѓукултурни познавања (преку специфични курсеви)	
Ориентација кон резултат	
Способност за менаџирање/управување	

### 3.5.2. Квалитет од аспект на наставно-научен кадар

Во рамките на ова поглавје е даден табеларен преглед на фактори кои го дефинираат квалитетот на образовниот процес во поглед на едукаторите, односно наставниот кадар, дефиниран како front-line staff (Hewit & Clayton, 1999). Секако, овде е возможно и проширување, односно дивергенција на веќе наведените фактори во табелата, особено имајќи го во предвид фактот дека наведените димензии се мошне широко опфатни, како и согласно перцепцијата и/или легислативата.

Табела 3.2. Преглед на карактеристики кои го дефинираат квалитетот според наставниот кадар

Table 3.2. Review of quality assurance important parameters from teachers and researchers

Автори	Параметри и карактеристики	Опис
Hewit & Clayton, 1999	Поседување на соодветен опсег и баланс на познавања, експертиза и интерес во контекст на побарувањата на одделот (катедрата) и студиската програма	Генерални и конкретни карактеристики/параметри кои го дефинираат квалитетот на наставниот кадар
	Придржување на календарот на активности (редовност на консултации, предавања, вежби, состаноци)	
	Охрабрување на студентите за активен ангажман во учењето на нови материи наместо пасивно повторување на поминатите материи	
	Поседување на библиотека со соодветни ресурси во поглед на побарувањата на курсот и студентите	
	Се грижат за правилна и корисна примена на уникатните вештини, како свои, така и на другите колеги, а во испораката на знаења и вештини кон студентите	
	Работат на промоција и испорака на соодветни информации кон потенцијалните студенти (маркетинг)	

Обезбедуваат (располагаат со) техничка поддршка и помош во клиничките студии на студентите (додипломци и останати)
Функционираат во околина (оддели, катедри) каде постои јасна визија за очекувањата од индивидуата
Даваат соодветна повратна информација (feedback) кон студентите во смисла на оценување на нивната работа, меѓутоа и помош во канализирање на нивниот напор за зголемување и подобрување на знаењата
Обезбедуваат (располагаат со) соодветна техничка помош и поддршка во истражувањето
Овозможуваат тимска работа помеѓу студентите
Праваат добра процена на различните нивоа на потребна помош, особено во делот на базичните предмети и ја обезбедуваат селективно согласно оценката
Работат на вклучување на потребите на пазарот на труд во процесот на акредитација и реакредитација на студиските програми
Даваат посебни признанија/оцени на студентите со различно академско предзнаење
Мониторираат (следат) присуство и активност на студентите на предавања, вежби и практична настава
Образуваат студенти кои бараат мала помош од нив (наставниците) во работата (студирањето)
Нудат можност за опционални (изборни) курсеви (предмети)
Даваат посебно значење на академскиот напредок на студентите пред било кој друг
Способност да ги водат/насочат студентите кон вработување
Го базираат конечното оценување на студентот исклучиво врз основа на резултатот од конечниот испит, а не и на други фактори

### 3.5.3. Квалитет од аспект на вработените на универзитетот

Квалитетот во образовниот процес есенцијално се разгледува од перспектива на надворешните корисници, односно пазарот на труд и студентите, често игнорирајќи ги перспективите на внатрешните инволвирани страни (Sahney, Banwet & Karunes, 2008). Секако, задоволството на вработените во Универзитетот (првенствено се мисли на наставно-научниот кадар, меѓутоа и генерално на сите вработени) е многу важно, не само во образовните институции, туку и генерално секаде каде постои тенденција за воспоставување на customer centric филозофија на функционирање. Организацијата, односно Универзитетот мора да се грижи за своите вработени и нивните барања сериозно и да презема активности истите да ги задоволи, со цел зголемување

на нивното задоволство. Во продолжение се неколку категории на идентификувани параметри кои го дефинираат квалитетот од перспектива на факултетот / Универзитетот.

Табела 3.3. Преглед на карактеристики кои го дефинираат квалитетот според вработените во факултетот  
Table 3.3. Review of quality assurance important parameters from faculty's members

Параметри и карактеристики	Опис
Соодветни физички услови за работење	Физички или реални параметри
Неопходни објекти и лаборатории	
Потребна опрема и инструменти	
Плата	
Други надоместоци и бенефиции	
Поседување на соодветни и ефикасни асистенти	Параметри на компетентност
Ефикасно управување со расположливите училници и лаборатории (ефикасен распоред)	
Постоење на процедури за користење на училниците и лабораториите	
Можност и контрола на развојот на курикулумот (суштински и практично)	
Ефективно решавање на проблеми (problem-solving)	Бихејвиорални параметри
Срдечни (квалитетни) меѓучовечки односи	
Соодветен систем за мониторирање и евалуација/оценување	
Посветеност на тековен тренинг, обука и развој	Испорака
Континуиран персонален развој и напредок	
Учтивост	
Уредена средина погодна за настава	
Индивидуализирано внимание	Доверливост
Следење на правила и процедури	
Безбедно работење	
Признание за работата	

#### 3.5.4. Квалитет од аспект на студентите

Во продолжение е даден широк дијапазон на параметри и карактеристики кои го одредуваат квалитетот на високото образование од перспектива на студентите според повеќе различни автори.

Табела 3.4. Преглед на карактеристики кои го дефинираат квалитетот според студентите  
 Table 3.4. Review of quality assurance important parameters from students' perspective

Автори	Параметри и карактеристики	Опис
Hewitt & Clayton, 1999	Постоење на библиотека и соодветни ресурси за потребите на студирањето на студентите	Генерални фактори
	Корисна повратна информација (feedback) кон студентот во однос на оценетата работа, а во насока на канализирање на работата и знаењето	
	Пристапност и пријателски однос на наставниот кадар и вработените на Универзитетот	
	Сеопфатни знаења од страна на професорите во однос на предметите кои ги покриваат	
	Зголемена веројатност за вработување	
	Способност на наставникот да му помогне на студентот во учењето	
	Способност на наставникот да ги подготви студентите за испит	
	Споделување на соодветни информации за потенцијалните студенти	
	Способност на наставникот да ги охрабри студентите во нивната независност	
	Способност на наставникот да ги насочи студентите да ги идентификуваат своите слаби и силни страни, како и својата одговорност во процесот на студирање	
	Можност за понуда/избор на дополнителни (изборни) програми (предмети, модули)	
	Регрутирање (прием) само на студенти со високи академски способности и влезни квалификации	
	Индивидуална дискусија со студентите во поглед на нивното присуство на предавања, вежби и практична настава	
	Мониторинг на присуството на предавања, вежби и практична настава	
	Признавање на активности стекнати пред упис, а во поглед на претходни студирања или работни искуства	
Поседување на студенти кои можат да работат без или со мала помош од професорите		
Охрабрување на високи академски постигнувања пред било што друго		
Конечното оценување да зависи само од испитот, а не и од други фактори		

Hill, Lomas & Macgregor, 2003	Испорака на материјалот на соодветно разбирливо ниво за студентите	
	Добро подготвени и испорачани презентации / сесии	
	Хронолошки добро организирана содржина на предметот / предавањата	Во поглед на активностите во предавалните
	Знаења од нови развојни и истражувачки правци од областа	
	Способност за пренесување на ентузијазам за предметот	
	Стимулација и интерес	
	Флексибилност во поглед на различните студиски потреби	
	Пристапност	Повратна информација (feedback) кон студентите за време на предавањата и задачите
	Охрабрувачки и инспиративен пристап, како вербално така и во пишана форма	
	Конструктивност и позитивност	
	Работа со чисти и конзистентни информации	
	Висока комуникативност и интеракција	
	Добар модератор на дебати и дискусии	
	Високо ниво на поддршка, во која студентот не се чувствува помалку интелигентно	Однос кон студентите
	Забавност	
	Поттикнува преземање на ризик и креативност	
	Флексибилност која го зема во предвид искуството за работа во студентски групи	
	Соодветна наставна содржина	
	Поттикнува предизвик во поглед на воспоставување на врска помеѓу теоријата и праксата од страна на студентите	Содржина на предметот и работни активности
	Доделените задачи се соодветни на курсот	
Креирање на нови перспективи		
Користење на технолошки помагала		
Единица за поддршка на студенти		
Вмрежување со други студенти на предметот / курсот	Системи за поддршка	
Споделување на искуства од активности во поглед на курсот		

	Постоење на соодветна библиотeka и ИКТ ресурси	
	Постоење на широк спектар на избори за учење	
	Интерес во решавање на студентски проблеми	
	Навремен и безгрешен сервис/услуга	
	Време на чекање во нормала	
	Вработени со соодветни знаења и вештини	Процесна димензија
	Навремена и достапна услуга / услуга веднаш	
	Желба и волја за помош кон студентите	
	Зголемување на самодовербата на студентите	
O'Neill & Palmer, 2004	Сигурност во институционалните постапки	
	Лично внимание на вработените	
	Работно време кое е во интерес на сите	Емпатична димензија
	Разбирање на потребите на студентите од страна на вработените	
	Вработени со добро срце и искрени намери	
	Соодветни објекти и опрема за студентите	
	Пријатна околина	Реална / опиплива димензија
	Уреден и професионален персонал	
	Точни и навремено објавени информации, огласни табли и патокази	
		Асертивност
Voss, 2009	Комуникациски вештини	Факултетот мора да користи соодветен речник за правилно да ги продолкува студентските потреби и да комуницира на ниво согласно способностите и преференците на студентите
	Емпатија	Подготвеност на факултетот да ја разбере перспективата на студентот, како и способност за идентификација на

	студентската ситуација, емоции и мотиви	
Ентузијазам	Способност за пренесување на задоволство и интерес за предметот / предметите / студиската програма	
Експертиза	Нивото на компетенции, вештини, знаења и професионализам на професорот (инструкторот генерално) за предметот кој го предава	
Праведност	На ниво на факултет не постои фаворизирање, личен интерес или приоритет во расудувањето по било која основа	
Флексибилност	Факултетот е широко отворен за нови идеи, предлози, критики и прашањ за време на наставата и после неа	
Пријателство	Овој атрибут се однесува на присуство на весели и невербални сигнали и подготвеност да им се помогне на студентите, како што се држење на телото, лежерно смеење, фацијални експресији итн.	
Наставни способности и вештини	Способност на факултетот да вработува и ангажира соодветни професори и педагози, кои ќе реализираат соодветна и веродостојна испорака на содржината на курсот/предметот.	
Narang, 2012	Поседување на најмодерна технологија за тренинг и учење	Физички објекти и опрема
	Соодветна инфраструктура	
	Добро опремени компјутерски лаборатории	
	Сеопфатни извори на учење	
	Академски, резиденцијални и рекреативни содржини	
	Објекти и содржини со висока естетика	
	Добро опремени училници (комуникација на далечина)	
	Ефикасно управување со училниците	
	Придржување кон распоредот	
Соодветност на наставната програма		

Достапност за консултации со студентите	
Близок надзор на работата на студентите	
Висока експертиза во предметот и добро организирани предавања	
Високи комуникациски вештини на наставниот кадар	
Практична димензија на студиите	
Прилагодливост на модерни техники и технологии	
Дизајн на содржината на студиските програми согласно побарувањата на пазарот на труд	
Вештини за решавање на проблеми (Problem-solving)	Исходи од учењето (Learning outcomes)
Создавање на чувство за социјална обврска	
Можност за учење, тренинг и сместување во кампусот	
Екстра-курикуларни активности	
Навремена услуга од сервисно-ориентираните оддели	
Љубезност и спремност да се понуди помош	
Систематска чистота и уредност	Одговорност
Транспарентност во поглед на официјалните процедурни, норми и правила	
Поттик за спорт, игри и културни активности	
Унапредување на знаењето	Личен развој
Препознавање и признавање на студентите	
Лидерство	
Стратегиско планирање	
Управување со вработени	
Ресурси	
Процеси кои се фокусирани на студентот	
Административни и оперативни резултати	
Резултати од работата на вработените на Универзитетот	
Партнерство и социјална димензија и резултати	

Рак Tee Ng, 2008



Клучни перформансни резултати (Key performance results)		
Ardi, Hidayatno, Yuri & Zagloel, 2012	Посветеност на универзитетската управа	Целосна вклученост и посветеност на универзитетските управни органи, лидерство и поддршка.
	Испорака на курсевите	Стандард во наставата и испораката на знаењата и вештините, едукативен квалитет и организација на курсот / предметот / студиската програма.
	Кампус / објекти и опрема	Овде е вклучена целата инфраструктура, капацитети и објекти за учење и дополнителни објекти и капацитети.
	Учтивост	Емотивен и позитивен став кон студентите. Овде се вклучени аспектите на учтивост, почит, дружељубивост и неопходноста од земање во предвид на студентските аспекти.
	Повратни информации и оптимизација	Оваа димензија е особено важна во делот на постојаното подобрување на системот.
Joseph & Joseph, 1997	Услови и објекти за сместување	Физичка димензија
	Академски објекти и инфраструктура	
	Поставеност на кампусите	
	Спортски и рекреативни објекти	
	Времетраење на студиската програма	
	Трошок за сместување	Трошок / Време
	Трошок за образование	
	Признаена диплома (репутација)	Академска димензија
	Квалитетен наставен кадар	
	Специјализирани студиски програми	Димензија на студиски програми
Флексибилна одржина и структура		
Практична димензија на студиите		
Можност за избор на изборни предмети		

	Флексибилност при запишување	
	флексибилност за движење во рамките на студиите	
	Висока вработливост на завршените студенти	Кариерна димензија
	Информации за можности за вработување	
	Локациска поставеност на факултетот / Универзитетот	Локација
	Академска опрема, лаборатории и простории за работа / учење	Академски ресурси
	Пристап кон информативни ресурси (книги, журналы, мрежи, бази на податоци)	
	Теоретско знаење на наставниот кадар	
	Соодветно практично знаење на наставниот кадар	Компетентност
	Експертиза на наставниот кадар во наставата и комуникацијата со студентите	
	Разбирање на академските потреби на студентите од страна на наставниот кадар	
	Подготвеност за помош на студентите од страна на наставниот кадар	Однос кон студентите
	Достапност на наставниот кадар за насоки и совети кон студентите	
Trivellas & Dargenidou, 2009	Совладување на комуникациски вештини од страна на студентите	
	Совладување на вештини за работа во тим од страна на студентите	Содржински аспект
	Соодветност на содржината на предметите / студиската програма на идните работни места на студентите	
	Административен контакт	
	Доверлива и соодветна административна комуникација и совети	Сигурност и одговорност
	Навремено известување за административни промени	
	Љубезен и уверлив контакт	
	Личен контакт и разбирање	Емпатија
	Грижливост	
	Parasuraman, Berry & Zeithami, 1991	Материјален аспект

Доверливост	Референца кон елементи поврзани со едукативниот процес, како распореди, дидактични материјали, содржина, големина на групи, академски услуги, содржина на предметите и студиските програми, изборни предмети, администрација на присуство итн.
Одговорност	Се однесува на брзината и квалитетот на одговорот и услугата од институцијата и луѓето кои директно се вклучени во тоа. Агилност и внимание кон секаков тип на инциденти.
Уверливост	Се однесува на професионализмот, извршувањето на работните задачи од вработените, капацитетот на наставниот кадар, професионалното искуство и третманот од наставниот кадар, пристапноста и дружељубивоста на административниот персонал итн.
Емпатија	Се однесува на капацитетот на институцијата да ги разбере потребите на студентот и способноста да одговори на нив, флексибилност во поглед на курикулумите, можност да се одговори на побарувањата кои имаат социјална димензија, учество на студентите, комплементарни услуги итн.

Со оглед на фактот дека ЕНЕА обврзува мислењето на студентот (во центарот на вниманието) секогаш да биде земено во предвид во процесите на евалуација, во овој преглед има широк спектар на параметри кои можат да бидат предмет на евалуација и секако проширување на моделот.

### 3.5.5. Сумарен преглед на критични фактори за успех (Critical Success Factors)

Според (Sahu, Shrivastava & Shrivastava, 2013), критичните фактори за успех (CSF), факторите кои го определуваат квалитетот на високото образование може да се категоризираат на следниот начин.

Табела 3.5. Критични фактори за успех кои го определуваат квалитетот на високото образование

Table 3.5. Critical Success Factors for the higher education quality

Категорија	Фактори
Одговорности на управните органи	Посветеност, визија, распределба на ресурси, управување со буџет и финансии, креирање на политики со учество на сите засегнати страни, проактивно управување, социјална одговорност, ISO сертификација
Инфраструктура	Библиотека со соодветен фонд на вработени, книги, журналы и се' што е потребно за студиските програми, квалитетни училници и работни простории, добро опремени лаборатории, хигиена, просторија за јадење и пијалоци, сместувачки капацитети, забавни содржини, транспорт, пристап до Интернет, медицинска поддршка, психолошко советување, компјутерска опрема, работилници итн.
Развојни и други дополнителни карактеристики и вештини	Комуникациски вештини, практични-индустриски обуки, вештини за техничко пишување, екстензивно знаење во однос на предвидените студиски програми, обука за управување со квалитет, база и контакт со пазар на труд, интеракција со сектори за човечки ресурси на пазар на труд, алумни, повратна информација од пазар на труд (feedback)
Академски параметри	Соодветни и up-to-date курсеви/предмети/студиски програми, мониторинг на квалитетот на наставата, примена на соодветна наставна методологија, наставна способност на факултетот, соодветен однос професор - студент
Истражување и развој	Иницијативи за истражување и развој, грантови и финансирање на научно-истражувачки проекти
Администрација	Планирање на академски ресурси, олеснување и излегување во пресред на барањата од наставниот кадар и студентите, ангажирање на соодветен кадар, контакт со сите засегнати страни, одржување на инфраструктурата, реализација на (само)евалуациски процеси, организација на предавања од експерти во праксата, организација на конференции, семинари и работилници, тековна анализа на податоци за перформансите на студентите и наставниот кадар, имплементација на потребните правила и процедури
Промоција	Јавна промоција и награда на најдобрите професори и студенти
Други карактеристики	Соодветен сектор за човечки ресурси, научни публикации/изданија, силна алумни асоцијација, висока вработливост, Конзистентно квалитетни академски резултати (во поглед на студентите), задоволство на сите засегнати страни, обука за личен развој на студентите - лидерство, тимска работа, комуникативност, намалена анксиозност

### 3.5.6. Квалитет базиран на TQM (Total Quality Management) и LO (Learning Outcomes)

Концептот на целосно управување со квалитет (Total Quality Management, TQM) е широко прифатен на светско ниво од страна на високообразовните институции (Aly & Akrovi, 2001; Mustafa & Chiang, 2006; Peat, Taylor & Franklin, 2005). Практично овој пристап значи дека во сеопфатниот модел мора да се покријат сите критични области на високото образование, во смисла на факултети, вработени, инфраструктура, академски живот, управувачки политики како во поглед на вработените, така и во поглед на студентите, студиските програми во смисла на нивната суштина (содржина), методолошкиот (педагошкиот) аспект на нивното спроведување, процесот на прием на нови студенти и други неакадемски процеси.

Во претходните неколку табели може да се идентификуваат мноштво параметри и фактори кои го определуваат квалитетот на високото образование според различни автори. Еден од најприфатените TQM концепти се заснова на следните димензии на квалитетот (Sakthivel, Rajendran & Raju, 2005):

- Посветеноста на универзитетската управа – квалитетно лидерство, посветеност и поддршка;
- Испорака на знаења предвидени во студиските програми, врз база на стандарди, квалитет и високо поставена организација;
- Инфраструктура и објекти, неопходни за реализација на наставата;
- Учтивост – овде е спакуван целокупниот однос кон студентот и
- Повратна информација и оптимизација.

Сепак, литературата говори и за нецелосна соодветност за примена на TQM базираниот модел за испитување на квалитет во поглед на академските и сервисни делови на образовните институции (Srikanthan & Dalrymple, 2002). Според претставениот холистички модел за квалитет во високото образование, постои јасна диференцијација помеѓу наставните (учење, студирање) функции на системот од една страна и сервисните функции на Универзитетот од друга страна. На пример, агенциите за акредитација даваат особена важност на компонентата која се однесува на учењето/студирањето во делот на контролата на квалитетот.

Дополнително, во последните години, квалитативниот фокус е насочен кон исходите од учењето, односно кон знаењата, вештините и компетенциите кои се испорачуваат, а со тоа и квалификацијата која се стекнува на крај од образовниот процес (Там, 2003). Ова се базира на фактот што сите составни делови на образовниот систем се во функција на производство на токму тие исходи од учење. Традиционалните методи за мерење на квалитет преку мерење на вложените ресурси во контекст на трошок по студент, број на достапен библиотечен фонд, број на факултети итн. е комплетно несоодветен во денешно време (McCoy, Chamberlain & Seay, 1994). Излезот од образованието како сервис е често директно неопиплив и тешко мерлив, како резултат на тоа што истиот е рефлектиран во трансформацијата на индивидуите кои поминале низ процесот на високо образование и се стекнале со нови знаења и карактеристики. Во тој контекст, институциите мораат да развијат пристап за мерење и зголемување на квалитет преку лоцирање на најважните излези од образовниот процес. Ова пак побарува нивна претходна дефиниција, пред процесот на евалуација. Во овој контекст веројатно најважни се студентите како директни носители на тој излез (learning outcomes) во целокупната сервисна ориентација на квалитетот (Gronroos, 1984). Овде мора да биде земена во предвид оценката од корисникот на самата услуга, односно студентот, во мрежата од чинители кои исто така имаат свое влијание.

Друг аспект кој исто така е многу важен во поглед на оценувањето од страна на студентите е оценувањето на наставата, односно професорите и процесот на учење. И ова претставува пристап на оценување на квалитетот врз база на исходите од учење. Дополнително, ова може да се прошири и со субјективните проценки на студентите во поглед на нивните очекувања. Токму мерењето на студентското задоволство може да се искористи како мост за надминување на разликите помеѓу традиционалниот и академскиот поглед, за тоа како може да се подобри услугата на Универзитетите согласно нивната сервисна ориентација.

#### 4. ЦЕЛ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

Во рамките на овој докторски труд е реализиран преглед на основните аспекти кои се однесуваат на обезбедувањето на квалитет во високото образование. Во тој контекст, евидентна е потребата од заедничка рамка / модел за обезбедување и контрола на квалитет. Од друга страна, не постои унифицирана дефиниција за квалитет и модел за обезбедување на истиот. Иако вообичаено квалитетот е прашање од интерес на телата / институциите за акредитација, тие се децентрализирани и комплексни во национална и меѓународна смисла. Постоенето на различни типови на рамки, модели и услуги во поглед на обезбедувањето и контролата на квалитет помеѓу различни надлежни тела и институции за ова прашање или на меѓународно ниво (помеѓу различните држави) говори за тежината на изборот на еден уникатен модел за контрола на квалитет. Дополнителен предизвик се и релациите на овој процес со вработените во факултетот / Универзитетот и секако студентите. Вклучувањето особено на студентите може само позитивно да придонесе во процесите за обезбедување и контрола на квалитет.

Основна цел на истражувањето во рамките на овој докторски труд е градење на модел / рамка за испитување на квалитет во високото образование, со акцент на студиските програми. Со ова се креира структура и методологија која ќе биде многу важна за сите креатори на политики и управувачки структури во институциите на високообразовниот систем, затоа што како инструмент ќе може да се користи како раководна алатка. Имајќи го ова во предвид, користењето на овој модел ќе овозможи периодично да се оценува квалитетот на студиските програми, а со тоа и на институцијата со која се управува од страна на раководните структури (образованието во поширок контекст), со што како резултат ќе се генерираат одредени параметри и показатели кои ќе дадат јасен сигнал за моменталната состојба со квалитетот, меѓутоа и насоки каде е потребно да се преземат чекори во насока на негово зголемување. Имено, евалуацијата на образованието како процес, од аспект на услугите (сервисите) преку утврдување на јасно дефинирани критериуми и методологии е едно од појдовните начела на Болоња процесот, на кој се потпира и нашиот образовен систем (European Commission, 2021, BPIR). Од овде, преку градењето на ваков модел се дава придонес во правец на потполна автоматизација и олеснување

на процесот од една страна и напуштање на наративниот концепт (колку што тоа е возможно) на дефинирање на квалитетот во високото образование кој моментално е најмногу присутен и во Република Северна Македонија.

Имплементацијата на систем за контрола на квалитет во високото образование од аспект на секој Универзитет поединечно, зависи од визијата, мисијата и културата на самата организација. Во овој контекст се покриваат повеќе различни аспекти и полиња, како што се курикулумите, наставата и учењето, ресурсите неопходни за функционирање, истражувањето, релациите со пазарот на труд, како и општествената одговорност. Притоа, примената на информатичката технологија има многу важна улога во целиот процес, како алатка во делот на обезбедувањето, а воедно и брза и доверлива обработка на податоците и параметрите кои се важни. Притоа, за да може соодветно да биде применета информатичката технологија како директна поддршка, претходно е неопходно да се дефинира моделот според кој истата ќе се примени во градењето на систем за управување со квалитет во високото образование. Во процесот на развој на овој модел за евалуација се следени неколку фази на активности:

- Анализа на проблемот и моменталната состојба;
- Конструкција на математичкиот модел;
- Развој и примена на моделот со примена на информатичката технологија и
- Генерирање на крајни резултати и насоки за оптимизација.

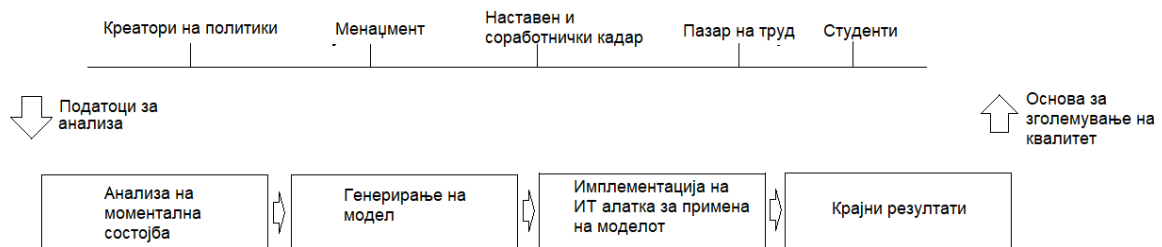
Два многу важни сегменти кои очекуваме да го видат своето светло на денот на крајот од оваа докторска дисертација се:

- Поставување на основа за понатамошно континуирано користење на истиот во рамките на процесите за (само)евалуација или испитување на квалитет по потреба и
- Промоција на системот и концептот во поширока смисла надвор од нашиот Универзитет, а во поглед на целокупниот образовен систем во РСМ во насока на модернизација, автоматизација и транспарентност на процесите кои се поставени за квалитативни анализи во истиот.

Практично, ваков модел ќе обезбеди циркулација на податоците во смисла на:



- Обезбедување на доволно прецизни параметри и податоци за моменталната состојба, како влез во целокупниот процес и систем и
- Излезни резултати кои ќе прецизираат што, колку и каде е потребно да се промени за да се зголеми квалитетот.



Слика 4.1. Засегнати страни во образовниот процес и циркулација на податоци  
 Figure 4.1. Higher education stakeholders and information circle

Согласно европските стандарди и насоки за обезбедување на квалитет во рамките на високото образование, со респект на квалитативните процеси, постојат следните аспекти кои е потребно да се имплементираат:

1. Политики и процедури за обезбедување на квалитет;
2. Одобрување, мониторинг и периодично испитување на студиските програми, како и дипломите, односно додатоците на дипломите;
3. Оценување на студентите;
4. Оценка и обезбедување на квалитет во поглед на наставниот и соработничкиот кадар;
5. Ресурси за студентите од аспект на студиски материјали и нивна поддршка;
6. ИКТ системи и
7. Јавно достапен карактер на информациите.

Градењето на унифицирана алатка за управување со квалитет во високото образование во себе ги интегрира сите претходно наведени аспекти. Потенцирањето на значењето на конструктот ИКТ систем(и) во правецот на оваа докторска дисертација е во одредувањето на значењето и неопходноста од соодветно софтверско решение кое ќе биде потребно за сите математички пресметки, како и приказ на добиените резултати, независно дали ќе се работи

за интегрирање на постоечки софтверски решенија од отворен тип или ќе се создаде основа за имплементација на такво решение во иднина.

Една од основните карактеристики на вака предложениот модел / рамка за воспоставување на автоматизиран, транспарентен и математички доверлив систем за обезбедување на квалитет во високото образование е скалабилноста, односно можноста истиот и квалитативно и квантитативно да биде проширен од аспект на делокругот на неговата примена, како и од аспект на неговата широкоградост во поглед на специфичните параметри кои ќе бидат предмет на обработка. Оваа рамка (framework), како и нејзината применливост која де факто ги интегрира и вмрежува различните фактори, засегнати страни и впечатоци е повеќе од доволна основа за изработка на автоматизирано софтверско решение кое ќе ги опфати сите аспекти на рамката (моделот).

## **5. МЕТОДИ И ТЕХНИКИ НА МАТЕМАТИЧКА ОПТИМИЗАЦИЈА ВО ПРОВЕРКАТА НА КВАЛИТЕТОТ НА ВИСОКОТО ОБРАЗОВАНИЕ**

Во контекст на конечната реализација на целта на оваа докторска дисертација – креирање на модел/рамка за обезбедување на квалитет во високото образование со респект на високообразовните студиски програми, клучни се неколку сегменти кои се наведени во продолжение на ова поглавје. Дополнително, во рамките на истото се елаборирани и двете клучни техники со чија помош ќе биде изграден моделот за управување со квалитет, односно Data Envelopment Analysis (DEA) и Analytic Hierarchy Process (AHP). Во основата на моделот за управување со квалитет се имплементирани математички модели и техники за оптимизација, чијашто суштина и примена одговараат на прашањето на евалуација и идна оптимизација.

Визијата и целта на кои се базира истражувањето во овој докторски труд е иницирање на нов начин на размислување и вреднување на квалитетот на образовниот процес, односно преку примена на техники за математичка оптимизација да се генерира нов пристап каде што има простор за реализација на континуирано мерење на истиот, преку земање во предвид на влезно / излезните параметри за она што е предмет на анализа - предмет, студиска програма, наставен и соработнички кадар во смисла на методолошката реализација на студиските програми, студиска насока, факултет, па дури и цел универзитет. Притоа, литературата наведува дека постојат ситуации во кои универзитетската управа нема да се согласува секогаш во целост со резултатите кои оваа техника ќе ги генерира, меѓутоа скоро секогаш се добра иницијална каписла за лоцирање на можните аспекти кои е потребно да се променат во насока на генерирање на поквалитетно образование. Секако, консултациите со управата и креаторите на политиките ќе бидат неизбежни во насока на утврдување на конкретниот предмет на испитување / анализа и појдовна основа за мерење на квалитетот. Во пракса, мерењето и подобрувањето на квалитетот е дел од сеопфатен и континуиран циклус на усогласување во однос на множество на стандарди и цели, преку собирање на релевантни информации, евалуација на повратната информација од засегнатите страни во процесот, како и имплементација на потребните промени (Luxton, 2005).

Истражувањето и примената на моделот за управување со квалитет е реализирано во рамките на Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип, меѓутоа како што е наведено претходно, нагласена е скалабилната структура на моделот / решението, во насока на негова широка применливост од официјалните претставници, тела и институции кои се бават со оваа проблематика (МОН, Агенција за квалитет, други Универзитети или високообразовни институции итн).

Крајната форма на системот/рамката за управување со квалитет овозможува последователна софтверска имплементација во насока на сеопфатно решение кое ќе биде применливо на универзитетите широм државата или пошироко. За градењето на моделот/рамката во рамките на овој докторски труд се користени официјални софтверски решенија од отворен тип (open source software solutions).

### **5.1. ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)**

Развојот на класичниот пристап за мултикритериумска оптимизација, релација на критериумите, искористеност и теорија на вредност ги има своите почетоци со Pareto во 1896 и кулминација со Debreu во 1959 година (Wierzbicki, 1982) и своите релации особено ги гради со економијата како наука. Од една страна, економијата работи со просечни вредности на повеќето процеси на одлучување, односно сумирање и барање на просек на влијателните фактори и индивидуални одлуки и фаворизирања. Од друга страна, индивидуалните одлуки често се клучни во организацијата, носени врз база на рационалноста на одлучувачот. При ова, секако мора да се земат во предвид постојните ограничувања на околината во поглед на максималната можна искористеност. Главното прашање е – како да се донесе најдобрата одлука во поглед на достапните ресурси и алтернативи, а со оглед на она што засегнатите страни го претпочитаат (преферираат), притоа земајќи ги во предвид сите ограничувања кои постојат?

Операциските истражувања и оптимизацијата се дисциплини кои на научна база се занимаваат со дизајнирање и управување на комплексни системи, решавање на комплицирани проблеми за ефикасно алоцирање на ограничени ресурси, често во услови на некомплетни информации и развој на одржливи стратегии за управување со ситуации и конфликти (Derigs, 2009).

Често, истите користат научни методи и техники, како и примена на ИКТ технологија, со квантификација на пристапот во насока на рационално донесување на одлуки. Основата за квантификацијата во техниките за анализа и донесување на одлуки (како што се DEA и ANP) е математичкото моделирање, односно примената на методи и техники кои го овозможуваат овој процес.

**Операциските истражувања** претставува посебна дисциплина која со примена на напредни аналитички методи го подобрува процесот на одлучување. Често не се дефинира како посебна научна дисциплина, туку како пристап за примена на научни дисциплини за пронаоѓање на (најдоброто) решение (често во управувачки контекст). Користи методи и техники од математичките науки, како математичко моделирање, статистичка анализа и *математичка оптимизација* во правец на пронаоѓање на оптимално или близу оптимално решение на комплексни проблеми кои вклучуваат донесување на одлуки. Во рамките на операциските истражувања се обединети пристапите на ориентација кон проблемот (problem oriented), управувачки пристап (management approach), системска ориентација кон проблемот (system oriented), како и ориентација кон донесување на одлуки (decision approach).

**Оптимизацијата** (математичка оптимизација) како посебна дисциплина делува токму во тој правец, каде што преку применета математика работи на оптимизација на проблеми, претставени во нивна математичка форма или програма. Математичката оптимизација (често - математичко програмирање) претставува селекција на најдобриот елемент, според одредени критериуми, од множеството на достапни алтернативи. Ова се сведува (најчесто) на минимизација (максимизација) на модел-функцијата димензионирана на одредено множество на променливи и ограничувања. Од друга страна, концептот на операциски истражувања е поописен и погенерален.

### **5.1.1. Пристап на повеќекритериумско одлучување (Multi Criteria Decision Making, MCDM)**

Мултикритериумското одлучување (multiple-criteria decision-making (MDCM) или multiple-criteria decision analysis (MCDA)) претставува поддисциплина на операциските истражувања, која се занимава со евалуација на критериуми во меѓусебен конфликт и избор на најдоброто решение од понудените алтернативи.

Се работи за решавање на проблеми преку научен пристап, каде е потребно да се донесе одлука, а притоа се инволвирани повеќе од еден критериум за одлучување (Youssef, 2019). Практичните проблеми кои се предмет на оптимизација, вообичаено се карактеризираат со неколку немерливи (или тешко мерливи) и конкурентни критериуми, за кои не постои решение кое ќе ги задоволува сите тие критериуми.

Според (Hwang & Yoon, 1981), MCDM проблемите може да се класифицираат во следните две категории:

- MODM – Multi-objective decision-making и
- MADM – Multi-attribute decision-making.

Постојат неколку методи кај двете претходно наведени категории, кои се разликуваат во пристапот и алатките/техниките кои се применуваат (што го прави различно и решавањето на проблемот). Во случајот на MODM, овој тип на проблеми вообичаено вклучуваат повеќе од една цел во решавањето на проблемот, односно две или повеќе цели кои се конфликтни помеѓу себе – минимум, максимум), врз основа на различни критериуми со различни опции (сите критериуми влијаат на сите цели или пак еден дел од критериумите влијаат на едната цел, другите на останатите итн.). Овде, на самиот почеток има неограничен број на можни решенија на проблемот (функцијата се оптимизира врз база на оптимизација и одредени ограничувања). Притоа, MODM работи во континуиран или во дискретен домен на променливи, со бесконечно (или многу голем број) многу алтернативи. Поради бројните и често недоволно експлицитно дефинирани алтернативи (барем на почетокот од евалуацијата – ги дефинираме целите, а алтернативите доаѓаат во текот на евалуацијата), MODM има пониско ниво на транспарентност од MADM.

Кај MADM (што често во литературата се идентификува и како MCDM), сите алтернативи се дефинирани на почетокот на процесот на одлучување. Конечната одлука се носи врз база на предефинирани (вообичаено конфликтни помеѓу себе) критериуми. MADM генерално претставуваат дискретни проблеми, со лимитиран број на предефинирани алтернативи. Генерално, MCDM (MADM) проблем се дефинира како во табелата во продолжение (Jahan, Edwards, & Bahraminasab, 2016):

Табела 5.1. Класичен MCDM (MADM) проблем  
 Table 5.1. Typical MCDM (MADM) problem

	$w_1$	$w_2$	...	$w_n$
	$C_1$	$C_2$	...	$C_n$
$A_1$	$x_{11}$	$x_{12}$	...	$x_{1n}$
$A_2$	$x_{21}$	$x_{22}$	...	$x_{2n}$
$A_3$	$x_{31}$	$x_{32}$	...	$x_{3n}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$
$A_m$	$x_{m1}$	$x_{m2}$	...	$x_{mn}$

каде што:

- $A_1, A_2, \dots, A_m$  преставуваат можните алтернативи;
- $C_1, C_2, \dots, C_n$  преставуваат можните критериуми;
- $x_{ij}$  е рејтингот кој го има алтернативата  $A_i$  во однос на критериумот  $C_j$  и
- $w_1, w_2, \dots, w_n$  - тежинските коефициенти на критериумите (criteria's relative importances).

Примери за MCDM (MADM) алатки се: Analytical Hierarchy Process (AHP); Analytical Network Process (ANP), Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution (TOPSIS), Compromise Ranking Method (VIKOR), Elimination Et Choix Traduisant la Realite (ELECTRE) и Preference Ranking Organization Methods for Enrichment Evaluation (PROMETHEE).

### 5.1.2. Историјат на АНП

Во доцните 1960ти, Thomas Saaty, еден од пионерите на операциските истражувања, работи на истражувачки проекти во рамките на Агенцијата за контрола на оружје и разоружување при Стејт Департментот на САД (Gass, 2001), за што имал доволно великодушен буџет за ангажман на некои од најпознатите светски економисти и теоретичари во делот на игри и скористеност (Gerard Debreu, John Harsanyi и Reinhard Selten, добитник на Нобелова награда), меѓутоа не бил задоволен од апстрактноста и преголемата генералност на предложените модели, малата практична поставеност и легалистичките ограничувања (правото во армијата било должност на некои од најдобрите правници во САД своевремено). Во таков делокруг, тој е мотивиран за развој на едноставен начин за донесување на комплексни одлуки, олицетворен во Analytic Hierarchy Process (AHP). Моќноста и едноставноста на АНП се веројатно двете

клучни карактеристики поради кои техниката доживува широка примена во САД и светот. Постојат доволно практични комерцијални имплементации, меѓу кои најпозната е Expert Choice софтверското решение. Денес, многу компании, особено во делот на информатичката технологија користат АНР за градење на модели за одлучување (Gartner Group's, Decision Drivers и други). АНР е официјално усвоена од страна на Американската асоцијација за тестирање и материјали (American Society for Testing and Materials, ASTM) како стандардна техника за донесување на одлуки во околина со повеќе атрибути, а во контекст на инвестиции во објекти и цели системи. Техниката денес се изучува во бројни Универзитети и има широка употреба во организации како што е Central Intelligence Agency (CIA), која има прецизна експертиза во поглед на теоретските основи на АНР, во контекст на планирање, селекција на најдобра алтернатива, алокација на ресурси и разрешување на конфликти (Ho, 2008).

### **5.1.3. Функции, принципи и аксиоми**

АНР се одликува со три примарни функции (Gass, 2001):

- Структурирање на комплексност – АНР е едноставен начин за справување со комплексноста на проблемите. Како техника, агрегира форма на справување со проблеми и бројни примери, карактеристична за сите луѓе, во поглед на комплексни проблеми, а тоа е хиерархиското структурирање на проблемот во хомогени кластери.
- Мерливост врз база на скала на однос (ratio scale) – Saaty верува дека ваков тип на мерење може да се даде најпрецизна слика за релациите помеѓу приоритетите (тежинските коефициенти) на ентитетите во хиерархиската структура. АНР ги користи скалите на однос, односно пресметува тежински коефициенти и за најниските нивоа на хиерархијата (во случајот, нивото на алтернативите и субалтернативите).
- Синтеза – И покрај користењето на зборот „аналитички“ во името на техниката, таа има силна синтетичка компонента, затоа што овозможува донесување на комплексни одлуки (прогнози, алокација на ресурси) преку инволвирање на мноштво од перцепции и димензии на проблемот (различни луѓе + различни аспекти, критериуми,



карактеристики). Практично, на тој начин дава можност за синтеза на бројни аналитички аспекти и перцепции на еден исти проблем, во насока на пронаоѓање на најдобрата алтернатива.

Принципи на кои почива АНР техниката се:

- Принцип на декомпозиција – структурирање на комплексен проблем во хиерархија од кластери, под кластери итн;
- Принцип на компаративно расудување – се користи за конструкција на евалуации (споредби) во парови на сите комбинации во кластерот, со респект на родителот во кластерот. Овие споредби се користат за пресметка на **локалните приоритети** на елементите во кластерот;
- Принцип на хиерархиска композиција (синтеза) – се користи за множење на локалните приоритети на елементите во кластерот со **глобалниот** приоритет на родителот (parent element), со што се добиваат глобалните приоритети во целата хиерархија и следствено додавање на глобалните приоритети на најниските нивоа (вообичаено, тоа се алтернативите).

Сите теории во принцип се базираат на аксиоми. Самата теорија е поприменлива и поедноставна, доколку се базира на поедноставни и помалубројни аксиоми. АНР се базира на следните четири аксиоми (Saaty, 1987):

- **Аксиома на реципрочност** – ако  $P_C(E_A, E_B)$  е вредност за споредба во парови помеѓу елементите А и В (имајќи го во предвид родителот – С) и која покажува ниво на поседување на одредена карактеристика од страна на А во однос на В, во тој случај  $P_C(E_B, E_A) = 1/P_C(E_A, E_B)$ . Оваа аксиома е во контекст на конструкцијата на матриците на споредби на критериуми во парови (pair-wise matrices, PW).
- **Аксиома на хомогеност** – елементите кои се предмет на споредба е потребно да бидат мошне хомогени, односно да не се разликуваат премногу помеѓу себе ( $x_{ij} \neq \infty$ ). Во спротивно, возможни се големи грешки во донесувањето на одлуки. Тоа е потребно да се земе во предвид и при градењето на хиерархијата на елементите и категоризацијата на истите во кластери – разликата вообичаено да не

биде поголема од ред на една мерна единица на скалата за споредби (АНР работи со скала од 1 до 9).

- **Аксиома за меѓусебна (не)зависност на донесувањето на одлуки** – приоритетите на елементите во хиерархијата не зависат од елементите во пониските нивоа на истата. Особено треба да се внимава на оваа (од трите) аксиоми при апликација на моделот на пример од реалниот свет. Преферираните алтернативи се скоро секогаш зависни од елементите во погорните нивоа (целите), додека важноста на целите може (и не мора) да зависи од елементите во долните нивоа (алтернативите). Наједноставниот пристап за примена на АНР на практични проблеми е преку донесување на одлуки (судови / judgements) на пониските нивоа во хиерархијата пред повисоките нивоа, или пак да се рedefинираат одлуките (судовите / judgements) за повисоките нивоа, откако истото ќе биде направено за пониските нивоа. Ова е во форма на “feedback from the bottom up“, која е неопходна за логичко расудување на човечкиот мозок.
- **Аксиома за очекувањата** е претставена подоцна од страна на Saaty и предвидува дека е неопходна јасна презентација на перцепцијата и верувањето на индивидуата во насока на исполнување на очекувањата од резултатот. Очекувањата, сите алтернативи и критериумите може и мора јасно да бидат наведени во хиерархијата. Со други зборови, потребно е јасно моделирање на реалноста за правилна апликација на АНР методата.

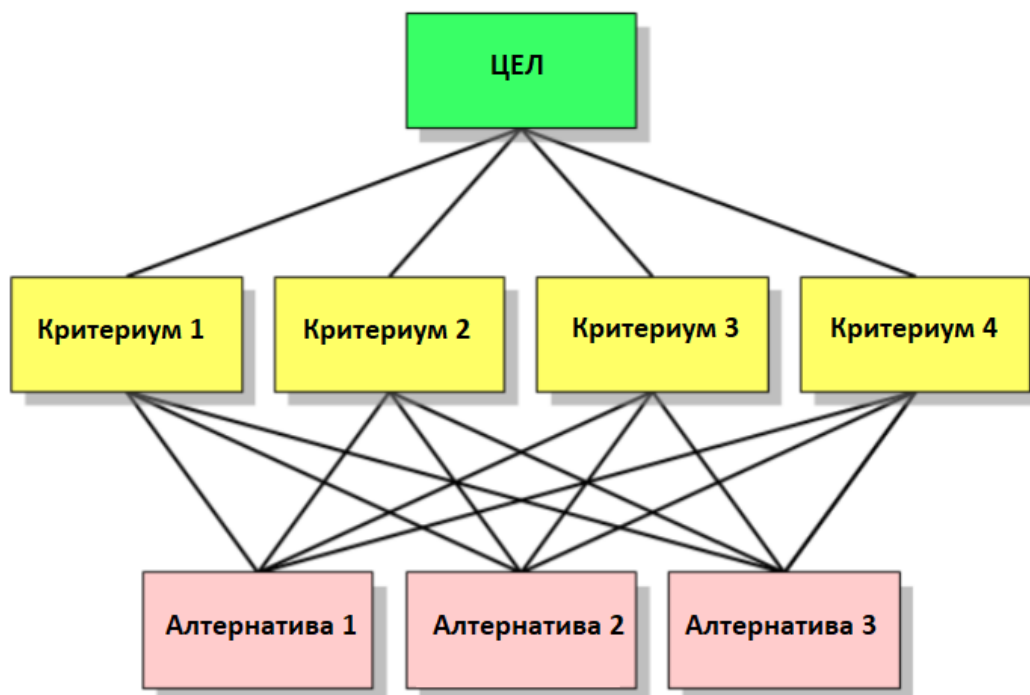
#### 5.1.4. АНР алгоритам

Приоритизацијата, односно апликациите за евалуација на приоритет се користат во насока на пресметување на релативниот однос во множеството на алтернативи (што е спротивно на селекцијата на една алтернатива, во апликациите за избор). Редот, интервалите и односите на приоритетите кои се пресметуваат на крај се во насока на алтернативата со највисок приоритет. АНР резултира со приоритети кои како мерки се рационални, така што можат да се искористат за избор на комбинација на алтернативи. Праксата сепак вели дека е многу тешко (често и невозможно) да се направи евалуација на субјект со

множество од димензии, без споредба со други од иста природа или стандард. Во тој контекст, евалуацијата често се поистоветува со приоритизација. АНР токму така ја поставува и во рамките на својот алгоритам.

Алгоритмот на АНР кој се користи за организација и анализа на комплексни одлуки, се базира на математика и психологија (Aoki, Uehara, Kato & Hirahara, 2016). И покрај тоа што е мошне популарна техника, не постои голем број на трудови кои алгоритамски ја обработуваат оваа техника. Како таков, овој метод (техника) се состои од три основни составни елементи:

- Цел или проблем кој е потребно да се реши;
- Множество од сите можни решенија на проблемот, наречени алтернативи и
- Критериумите според кои се споредуваат алтернативите.



Слика 5.1. Генерална шема на АНР модел  
Figure 5.1. General AHP model

АНР нуди рационална рамка за потребните одлуки, преку **квантификација** на критериумите и алтернативите, како и нивното релационо поврзување во насока на конечната цел. Чинителите во процесот прават споредба помеѓу критериумите преку споредба во парови (PW матрица). Овие евалуации се трансформираат во броеви, соодветно за сите можни критериуми (парови од

критериуми). Токму оваа квантификација ја прави АНР посебна во однос на сите други методи. Главните чекори кои може да се идентификуваат во поглед на примена на АНР алгоритмот се (Aziz, Sorooshian & Mahmud, 2016):

- Моделирање на проблемот;
- Пресметување на тежинските коефициенти и
- Донесување на одлука / Анализа на осетливост.

Доколку се оди чекор напред во елаборацијата на чекорите на АНР алгоритмот, хронологијата на активности е дадена во продолжение (Saaty, 1987, Aziz, Sorooshian & Mahmud, 2019, Youssef, 2019,):

1. Структурирање на проблемот:

- a. Идентификација на проблемот, односно идентификување на целта, алтернативите и критериумите врз основа на кои ќе се одлучува и
- b. Развој на хиерархијата за донесување на одлуки;

2. Евалуација (со процес на нормализација):

- a. Конструкција на матрица на споредби и реализација на PW споредбите (judgements);
- b. Пресметка на тежинските коефициенти на критериумите;
- c. Анализа на (не)конзистентност на матрица на споредби;
- d. Пресметка на локалните приоритети на алтернативите (преферирани вредности) и
- e. Пресметка на севкупните (генерални) приоритети (overall priorities) преку синтеза на моделот;

3. Избор / донесување на одлука:

- a. Анализа на осетливост;
- b. Донесување на конечна одлука.

Чекорите на АНР алгоритмот се претставени на следната слика:



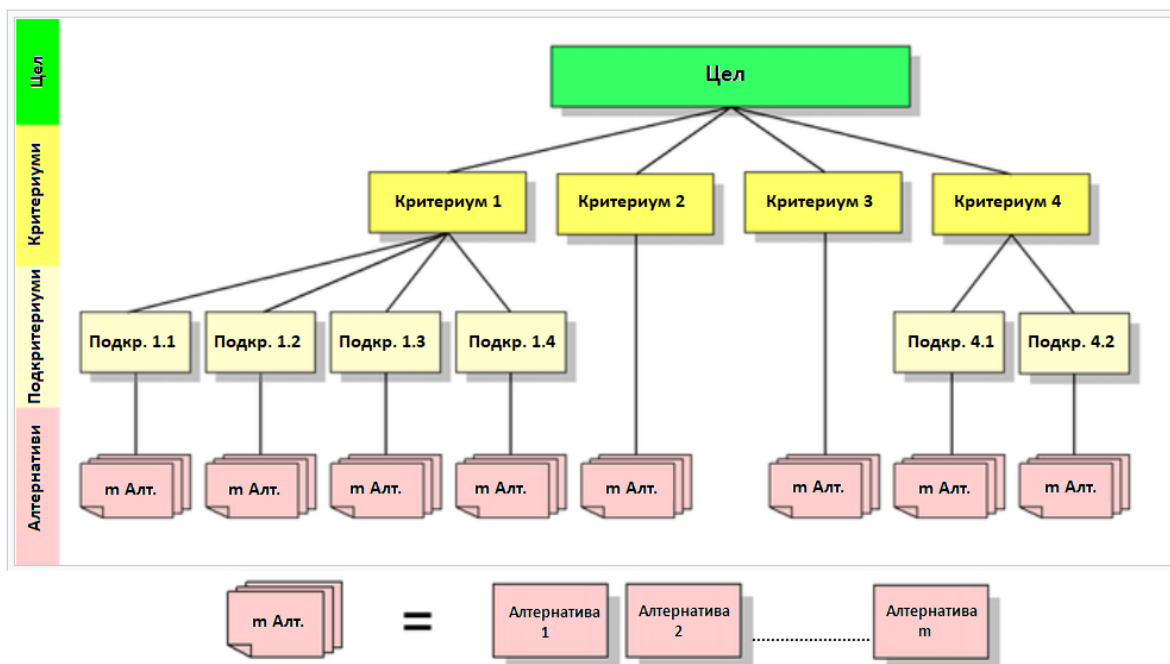
Слика 5.2. Чекори на AHP алгоритам  
Figure 5.2. AHP algorithm steps

### 5.1.5. Структурирање на проблемот

Во оваа почетна фаза практично припаѓаат првите чекори кои ќе го дефинираат целиот тек на примена на AHP алгоритамот, во смисла на (Saaty, 1987; Ansah, Sorooshian & Mustafa, 2015):

- Дефиниција на проблемот на одлучување и целта од примената на оваа MCDM техника;
- Идентификација на одлучувачките критериуми, поткритериуми (сите нивоа) и можни алтернативи, од кои ќе се направи конечниот избор;
- Развој на структурен хиерархиски модел, каде што целта ќе биде нагласена. Овој модел практично се користи за декомпозиција на комплексната одлука, од целта (на врвот на хиерархијата), преку критериумите и поткритериумите, до алтернативите, кои се најниско поставени.

На сликата во продолжение е престапен хиерархиски модел со четири нивоа, односно две нивоа на критериуми.



Слика 5.3. Пример за АНП хиерархија со повеќе нивоа  
 Figure 5.3. ANP hierarchy example with multiple levels

### 5.1.6. Конструкција на матрица на споредби

На самиот почеток, потребно е да се спомене дека ова е чекорот за спроведување на процес на испитување / анкетање кон таргетираната група на испитаници / чинители во процесот, во насока на градење на PW матрицата (Taherdoost, 2017). АНП претставува едноставна P2P метода за утврдување на разлики, во насока на утврдување на најдобриот критериуми и/или алтернативи, преку утврдување на нивните тежини. Конструкцијата на PW матрицата е првата од неколкуте составни математички пресметки (Alam, Jebran & Hossain, 2012). Споредбата се прави со примена на евалуациска табела на споредби со девет нивоа, а во контекст на детерминација на релативната важност на различните критериуми **еден во однос на друг**, а со респект на целта:

Табела 5.2. Фундаментална скала за споредби на Saaty  
Table 5.2. Fundamental comparison scale of Saaty

Интензитет на важност	Дефиниција	Објаснување
1	Еднаква важност	Двата елементи се исти во контекст на целта
3	Малку поголема важност	Искуството и проценката даваат малку поголема важност/фаворизирање на едниот во однос на другиот елемент
5	Значително поголема важност	Искуството и проценката даваат значително поголема важност/фаворизирање на едниот во однос на другиот елемент
7	Многу поголема важност	Доминацијата на едниот во однос на другиот елемент во праксата е повеќе од очигледна
9	Екстремно поголема важност	Екстремно поголема важност на едниот во однос на другиот елемент / најголема уверливост
2,4,6,8	Интермедијални вредности	Компромисни вредности помеѓу расудувањата од страна на вклучените чинители

Изборот на нивото од фундаменталната скала на Saaty зависи од донесувачот на одлуки (Decision Maker). Токму овој чекор од алгоритмот на АНР е најважниот чекор во процесот на донесување на одлуки со оваа техника, затоа што го дефинира обликот на сите резултати кои ќе произлезат за конкретниот реален проблем.

Појдовни дефиниции и теореми од линеарна алгебра се:

**Дефиниција 1:** Сопствен вектор (Eigenvector) на квадратна матрица  $A$  е вектор  $w$  за кој важи:

$$Aw = \lambda w \quad (5.1.)$$

каде што  $\lambda$  е сопствена вредност (Eigenvalue) соодветна на дадениот вектор.

**Дефиниција 2:** Ранг на матрица е бројот на редици, т.е. колони со елементи кои се различни од нула.

**Дефиниција 3:** Трага (trace) на квадратна матрица  $A$  -  $Tr(A)$  е сумата од сите елементи во дијагоналата на таа матрица.

**Теорема 1:** Матрица со ранг 1 има точно една ненулта сопствена вредност.

**Теорема 2:** Трагот на матрицата е еднаков на сумата од нејзините сопствени вредности.

**Дефиниција 4:** Матрица на споредби во парови во однос на донесувачот на одлуки (PW матрица) со  $n$  цели е  $n \times n$  матрица  $A = [a_{ij}]$  (Nguyen, 2014), каде што:

$$a_{ij} > 0, \text{ за } i, j = 1, \dots, n, \text{ и} \quad (5.2.)$$

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}, \text{ за } i, j = 1, \dots, n \quad (5.3.)$$

Со задоволување на овие два услови, уште велíme дека PW матрицата е позитивна и реципрочна. Тоа е појдовниот предуслов за одлучувачот. Дефиницијата и условите (5.2.) и (5.3.) уште повлекуваат и дека важи:

$$a_{ii} = 1, \text{ за } i = 1, \dots, n \quad (5.4.)$$

**Дефиниција 5:** Ако донесувачот на одлуки е конзистентен, PW матрицата  $A$  ги задоволува (5.2.), (5.3.) и (5.4.) и за неа дополнително важи:

$$a_{ik} = a_{ij}a_{jk}, \text{ за } i = 1, \dots, n \quad (5.5.)$$

Во оваа матрица,  $a_{ij}$  ја претставува важноста на целта (objective)  $i$  во споредба со целта  $j$ . Претпоставуваме дека сите тежини (тежински коефициенти) се позитивни и нивната сума е еднаква на единица. Во тој случај, за конзистентен донесувач на одлуки, секој член на матрицата на споредби претставува однос помеѓу два тежински фактори (поврзани соодветно со критериумите кои учествуваат во таа PW споредба, Klutho, 2013, Nguyen, 2014):

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \quad (5.6)$$

Со што матрицата на споредби за конзистентен одлучувач може да се изрази како:



$$A = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \quad (5.7)$$

каде што  $w_i > 0$  и  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ .

Во случај на матрица на споредби кај конзистентен одлучувач, секој елемент има доделена тежина (тежински коефициент) кој не се менува кога тој се споредува со било кој друг елемент од матрицата. Само вој тој случај, важи пресметката од претходната дефиниција. Од овде, формалната дефиниција за векторот на тежински коефициенти (weights vector) е:

**Дефиниција 6:** Векторот на тежински коефициенти  $w$  за донесувачот на одлуки го има следниот облик:

$$w = [w_i] = [w_1 \ w_2 \ \dots \ w_n]^T \quad (5.8)$$

каде што  $w_i > 0$  и  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ . Ова е всушност основната цел на АНР, односно векторот на приоритети кој е потребно да го најде одлучувачот. Според следната теорема, се гарантира дека во случај на конзистентен одлучувач, векторот на приоритети може да се најде од матрицата на споредби  $A$ .

**Теорема 3:** Нека се претпостави дека одлучувањето е конзистентно со  $n$  цели. Нека  $A$  е соодветната матрица на споредби во парови и  $w$  соодветниот вектор на тежински коефициенти. Тогаш велиме дека  $w$  е сопствен вектор на матрицата  $A$  со сопствена вредност еднаква на  $n$ , односно  $\lambda = n$ .

**Доказ:**

$$Aw = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} w_1 & \frac{w_1}{w_2} w_2 & \dots & \frac{w_1}{w_n} w_n \\ \frac{w_2}{w_1} w_1 & \frac{w_2}{w_2} w_2 & \dots & \frac{w_2}{w_n} w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{w_n}{w_1} w_1 & \frac{w_n}{w_2} w_2 & \dots & \frac{w_n}{w_n} w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} nw_1 \\ \vdots \\ nw_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (5.9)$$

Од овде, ако се познати споредбите во парови (матрицата  $A$ ) и бројот на сите цели (objectives) или критериуми, може да се пресмета тежината на секоја цел (критериум) со решавање на:

$$\begin{aligned} Aw &= nw \\ Aw - nw &= 0 \\ Aw - nIw &= 0 \\ (A - nI)w &= 0 \end{aligned} \tag{5.10}$$

каде што  $w$  се решава со решавање на карактеристичната равенка  $(A - nI) = 0$ , каде  $I$  е идентитетска матрица од соодветна димензија (дијагоналните вредности се еднакви на единица, додека останатите членови се еднакви на нула).

Според теорема 2, сумата на сопствените вредности на матрицата на конзистентни одлуки  $A$  е:

$$Tr(A) = \left(\frac{w_1}{w_1}\right) + \left(\frac{w_2}{w_2}\right) + \dots + \left(\frac{w_n}{w_n}\right) = 1 + 1 + \dots + 1 = n \tag{5.11}$$

Ова е најголемата теоретска вредност на сопствената вредност на матрицата, уште наречена принципиелна сопствена вредност (principal eigenvalue), односно *за конзистентни матрици (донесувачи на одлуки) важи:*

$$\lambda_{max} = n \tag{5.12}$$

Во реалноста, вообичаено донесувачите на одлуки се неконзистентни. На пример, ако во однос на критериумите за идниот студент, академскиот квалитет е двапати поважен од финансискиот аспект, а финансискиот аспект е трипати поважен од локацијата, најверојатно не може да се каже дека академскиот квалитет е шест пати поважен од локацијата. Во тој случај, веќе и не важи дефиницијата 5 и равенката (5.5), иако останува важноста дека матрицата  $A$  е реципрочна и позитивна. Saaty смета дека со промена на членовите на позитивната реципрочна матрица за мали вредности, сопствените вредности исто така се менуваат за мали вредности, меѓутоа варијациите на сопствениот вектор се скоро незабележителни. Во тој случај, ако се претпостави дека неконзистентноста е релативно мала, тогаш и претпоставката е дека матрица на споредби за неконзистентен одлучувач малку ќе варира во однос на конзистентниот случај. Во тој случај, тежинскиот вектор на неконзистентната

матрица може да се најде врз база на тежинскиот вектор на матрицата за конзистентен одлучувач. Во случај на неконзистентен (недоследен) одлучувач во однос на критериумите на матрицата, проблемот го има следниот облик:

$$Aw_0 = \lambda_{max}w_0 \quad (5.13)$$

каде што  $\lambda_{max}$  е најголемата единствена сопствена вредност за матрицата  $A$ , додека  $w_0$  е векторот на тежински коефициенти. Во овој случај, равенката (5.10) го добива обликот / формата на полином:

$$c_0\lambda^n + c_1\lambda^{n-1} + \dots + c_{n-1}\lambda + c_n = 0 \quad (5.14)$$

Во реалноста, многу повеќе постои интерес за матрица на односи (ratio matrices) која не се базира на стандардни скали, туку се базира на релативна скала на однос и која се креира како директна споредба помеѓу елементите во контекст на релативна скала на односи, бидејќи овие типови на споредби се многу поблиску до класичните проблеми во кои е потребно да се донесат комплексни одлуки. Матрицата на споредби со димензии  $n \times n$  го има следниот облик (Klutho, 2013):

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (5.15)$$

каде што:

- $a_{ij} > 0$  го претставува степенот на важност (според табелата со нивоа на важност, претпочитање или преферирање на Saaty) на  $C_i$  во однос на  $C_j$  (ред во однос на колона, соодветно на матрицата), каде што  $C_i, i = 1, \dots, n$  се критериумите врз основа на кои се одлучува;
- $a_{ij} = 1/a_{ji}$ , ако  $i \neq j$ , за сите  $i, j = 1, \dots, n$ , односно ако критериумот  $C_i$  е  $x$  пати поважен од критериумот  $C_j$ , во тој случај  $C_j$  критериумот е  $1/x$  пати поважен од критериумот  $C_i$ , и
- $a_{ij} = 1$ , за  $i = j$ ,

ОДНОСНО:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (5.16)$$

Во овој случај, за сопствениот вектор и сопствената вредност повторно важи:

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \lambda_{max} \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (5.17)$$

Следствено, утврдувањето на приоритетот на елементите од множеството на критериуми подлежи на решавање на проблемот на сопствениот вектор:

$$Aw = \lambda_{max} w \quad (5.18)$$

каде што  $w$  претставува тежинска матрица на алтернативите (целите, критериумите) во решавањето на проблемот. Токму овде е и суштината на АНР – за одредена група на елементи, постои основна стандардна скала на рангирање. Секој елемент има бројна вредност на таа скала и може да биде спореден со другите елементи во множеството. Последната равенка има решение во нова матрица на односи која се базира само на тежински елементи кои го решаваат проблемот на сопствениот вектор:

- Доколку таа матрица ја задоволува бараната конзистентност, тогаш скалата е реална;
- Доколку таа матрица е неконзистентна, се вели дека не постои основна скала по која елементите (алтернативите) би можеле да се споредуваат.

Во контекстот на АНР, целта е да се пресмета векторот на приоритети, кој е нормализиран сопствен вектор на матрицата на споредби.

### 5.1.7. Пресметка на тежински коефициенти на критериумите

Како следен чекор во примената на АНР алгоритмот после конструкцијата на PW матрицата, се прави нормализација на истата во насока на утврдување на тежинските коефициенти на критериумите и локалните тежински коефициенти на алтернативите.

Постојат повеќе методи според кои може да се пресмета векторот на приоритети. Еден од најкористените е *методот на Saaty*, кој е објаснет во продолжение. Имено, секој елемент од колоната  $j$  се дели со сумата од вредностите на елементите на колоната  $j$  (се прави нормализација на секоја колона поединечно):

$$\begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum_{i=1}^n a_{i1}} & \frac{a_{12}}{\sum_{i=1}^n a_{i2}} & \dots & \frac{a_{1n}}{\sum_{i=1}^n a_{in}} \\ \frac{a_{21}}{\sum_{i=1}^n a_{i1}} & \frac{a_{22}}{\sum_{i=1}^n a_{i2}} & \dots & \frac{a_{2n}}{\sum_{i=1}^n a_{in}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{a_{n1}}{\sum_{i=1}^n a_{i1}} & \frac{a_{n2}}{\sum_{i=1}^n a_{i2}} & \dots & \frac{a_{nn}}{\sum_{i=1}^n a_{in}} \end{bmatrix} \quad (5.19)$$

Од овде, векторот на тежинските коефициенти на критериумите (векторот на приоритети на критериумите), односно нормализираниот сопствен вектор на матрицата  $A$  кој одговара на најголемата сопствена вредност на таа матрица, уште познат како *principal Eigenvector*) може да се претстави како:

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (5.20)$$

каде што секој член на матрицата е аритметичка средина од членовите на соодветните редици на нормализираната матрица на споредби (5.19):

$$w_k = \frac{\sum_{j=1}^n x_{kj}}{n}, k = 1, \dots, n, j = 1, \dots, n \quad (5.21)$$

додека:

$$x_{kj} = \frac{a_{kj}}{\sum_{s=1}^n a_{sj}}, j = 1 \dots n \quad (5.22)$$

е аритметичка средина од редиците на нормализираната матрица на споредби. Векторот на приоритети ја претставува релативната тежина на критериумите, земајќи ја релацијата во парови која постои помеѓу критериумите, а како резултат на донесените одлуки од одлучувачот за нивните меѓусебни односи (ratio).

Според методот на геометричка средина (*Geometric mean method*):

1. Се пресметува вектор  $n \times 1$  со елементи кои се геометрички средини од членовите на секоја од редиците на PW матрицата поединечно:

$$\begin{bmatrix} \left( \prod_{j=1}^n a_{1j} \right)^{\frac{1}{n}} \\ \left( \prod_{j=1}^n a_{2j} \right)^{\frac{1}{n}} \\ \left( \prod_{j=1}^n a_{nj} \right)^{\frac{1}{n}} \end{bmatrix} \quad (5.23)$$

2. Се пресметува факторот на нормализација на оваа матрица (како сума од членовите на матрицата под точка 1):

$$\text{Фактор на нормализација} = \sum_{i=1}^n \left( \prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (5.24)$$

3. Се нормализира матрицата, со што се добива векторот на приоритети на критериумите:

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\left( \prod_{j=1}^n a_{1j} \right)^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^n \left( \prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}} \\ \frac{\left( \prod_{j=1}^n a_{2j} \right)^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^n \left( \prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}} \\ \frac{\left( \prod_{j=1}^n a_{nj} \right)^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^n \left( \prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}} \end{bmatrix} \quad (5.25)$$

Сумарно, секоја компонента на векторот на приоритети  $w$  се пресметува како геометриска средина на елементите на соодветната редица на матрицата поделена со фактор на нормализација, така што збирот на сите компоненти на приоритетниот вектор  $w$  е еднаков на единица:

$$W = \frac{(\prod_{j=1}^n a_{ij})^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^n (\prod_{j=1}^n a_{ij})^{\frac{1}{n}}} \quad (5.26)$$

Со овој метод, тежинските коефициенти може да се прикажат како аналитички функции од елементите на матрицата. Дури и конечните тежински коефициенти може да се прикажат како аналитички функции од елементите на сите матрици во хиерархијата, што овозможува ефикасна анализа на осетливост (Kostlan, 1991). Резултатите кои се добиваат со примената на Saaty методот и Geometric mean методот се идентични. Вредностите во сопствениот вектор имаат директно физичко значење во примената на АНР – го определуваат учеството (тежината) на секој критериум, соодветно на целта.

#### 5.1.8. Конзистентност на матрица на споредби

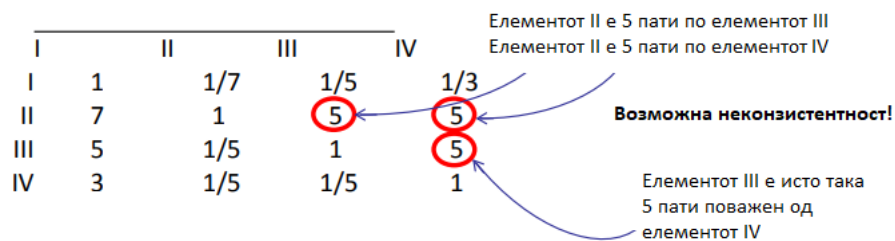
Откако ќе се утврди вредноста на сопствениот вектор, неопходно е да се провери конзистентноста на податоците / вредностите кои се користени во претходниот чекор. Ова е резултат на фактот што АНР методот за определување на рангирањето на алтернативите се базира на идејата дека тие сепак кореспондираат на некоја основна скала. Целта е да се земат во предвид доволно информации за да се утврди дали одлучувачот бил конзистентен во правењето на изборот. Во реалноста, мошне тешко е да се биде перфектно конзистентен (доследен), особено кога се работи за променливи со „нематеријална“ променлива природа.

Наједноставно, ако  $P(X, Y)$  го изразува односот помеѓу субјектите (параметрите) во одреден аспект на мерливост во правец од  $X$  кон  $Y$ , велиме дека односот помеѓу  $A, B$  и  $C$  е перфектно конзистентен, ако важи во целост:

- Ако  $P(A, B) = x, P(B, C) = y,$
- Тогаш  $P(A, C) = x * y.$

Кога се споредуваат елементи со такви елементи, возможно е да се биде и перфектно конзистентен, меѓутоа и не така често. Иако матрицата може да се

однесува на неконзистентни одлуки, приоритетите (како и во случај на конзистентни одлуки) се пресметуваат преку сопствениот вектор, со дополнителна мерка на прашањето *колкава е конзистентноста на тие приоритети?* Таквата мерка се нарекува **индекс на конзистентност** (Consistency Index, **C.I.**). Природно, колку е поголем бројот на членови на матрицата, толку е поголем и бројот на споредби (judgements), односно веројатноста дека ќе постои одредена неконзистентност во подредувањето на елементите по приоритет (Wallenius, Fishburn & Zionts, 2008).



Слика 5.4. Возможно сценарио за неконзистентност  
 Figure 5.4. Possibility of inconsistency

Perron докажал дека доколку матрицата е позитивна, најголемиот сопствен вектор, односно вредност на променливите на истиот се добива со множење на матрицата сама со себе. Со зголемување на степенот на множење, вредностите на приоритетите во сопствениот вектор се менуваат со се' помал степен додека истиот не конвергира кон т.н. стабилен вектор на приоритети. На тој начин може да се дојде до т.н. конечни (финални) приоритети за првично поставената матрица во случај на неконзистентен одлучувач, меѓутоа од интерес е колкав е степенот на неконзистентност. За таа цел е потребно да се пресмета најголемата реална позитивна сопствена вредност (principal eigenvalue  $\lambda_{max}$ ), која се добива со конвергенцијата на сопствениот вектор преку множење на матрица на споредби во случај на неконзистентен одлучувач сама со себе (Wallenius, Fishburn & Zionts, 2008).

**Теорема 3:** За реципрочна матрица со димензии  $n \times n$ , со членови на матрицата кои се поголеми од нула, за вредноста на најголемата сопствена вредност  $\lambda_{max}$  важи тврдењето:

$$\lambda_{max} \geq n \quad (5.27)$$



**Доказ:** Ако се претпостави дека на матрица на неконзистентен одлучувач  $A$  и' е придружена матрица на конзистентен одлучувач  $A'$  која е добиена со користење на резултантниот сопствен вектор на  $A$ , членовите на матрицата  $A$  може да се претстават како:

$$a_{ij} = (1 + \delta_{ij}) \frac{w_i}{w_j} \quad (5.28)$$

каде што  $(1 + \delta_{ij})$  е пертурбација во однос на конзистентниот член. Со оглед на тоа што  $\delta_{ij} > -1$ , бидејќи не се дозволени негативни или нулти вредности во матриците на односи – според Фундаменталната скала, најниската вредност е  $1/9$ ) и матрицата  $A$  е реципрочна, односно:

$$a_{ji} = \frac{1}{1 + \delta_{ji}} \frac{w_j}{w_i} \quad (5.29)$$

матрицата на споредби го добива следниот облик:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & (1 + \delta_{12}) \frac{w_1}{w_2} & \dots & (1 + \delta_{1n}) \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{1}{1 + \delta_{12}} \frac{w_2}{w_1} & 1 & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{1}{1 + \delta_{1n}} \frac{w_n}{w_1} & \frac{1}{1 + \delta_{2n}} \frac{w_n}{w_2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (5.30)$$

Оваа матрица се множи со векторот  $w = [w_1, w_2, \dots, w_n]^T$ , односно се продолжува со решавање на:  $Aw = \lambda_{max} w$ . Со решавање на ова равенство, се добива изразот:

$$\frac{1}{n} \sum_{1 \leq i < j \leq n} \frac{\delta_{ij}^2}{1 + \delta_{ij}} = \lambda_{max} - n \quad (5.31)$$

Со оглед на тоа што левата страна од оваа равенка е поголема од нула, важи дека  $\lambda_{max} \geq n$ .

Во поедноставена смисла, за пресметка на  $\lambda_{max}$  се реализираат неколку пресметки прикажани во продолжение (деноминациите на матриците се локални, за потребите само на ова поглавје).

PW матрицата  $A_1$ :

$$A_1 = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (5.32)$$

и матрицата на векторот на приоритети  $A_2$ :

$$A_2 = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (5.33)$$

се множат една со друга  $A_1 * A_2 = A_3$ , што резултира во резултантна матрица со димензии  $n * 1$ :

$$A_3 = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A3_1 \\ A3_2 \\ \vdots \\ A3_n \end{bmatrix} \quad (5.34)$$

Понатаму, преку делење на матриците  $A_3$  и  $A_2$  (секој со секој член соодветно) се добива матрицата  $A_4$ :

$$A_4 = \frac{\begin{bmatrix} A3_1 \\ A3_2 \\ \vdots \\ A3_n \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}} = \begin{bmatrix} A4_1 \\ A4_2 \\ \vdots \\ A4_n \end{bmatrix} \quad (5.35)$$

Вредностите на матрицата  $A_4$  со димензии  $n * 1$  нумерички се блиску до редот на PW матрицата  $n$  (што е бројот на критериумите во АНР проблемот). Матрицата  $A_4$  се користи за пресметување на максималната сопствена вредност, што е  $\lambda_{max}$ .

Индексот на неконзистентност (C.I.) се базира на вредноста на  $\lambda_{max}$ :

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n A4_i}{n} \quad (5.36)$$

Имајќи го ова во предвид, се пресметува индексот на конзистентност (Consistency Index, C.I.) како:

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (5.37)$$

Конзистентноста на одлуката може да се провери преку пресметка на односот на конзистентност (Consistency Ratio, C.R.), кој се пресметува како количник од индексот на конзистентност C.I. и R.I., каде што R.I. е случаен индекс на конзистентност (Random Index), односно индекс на конзистентност на случајно пополнета матрица:

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (5.38)$$

Вредностите за R.I. се познати, односно истите се добиени од голем број на симулации за матрици од различен ред (големина). Табелата за вредностите на R.I. во контекст на редот на матрицата за споредби е дадена во продолжение (Rao, 2007):

Табела 5.3. Вредности на R.I. според редот на матрицата на споредби  
Table 5.3. Random consistency index versus comparison matrix order

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I.	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Ако вредноста на C.R. е помала од 0.1 ( $C.R. \leq 0.1$ ), во тој случај неконзистентноста е прифатлива. Спротивно, ако вредноста на C.R. е поголема од 0.1 ( $C.R. \geq 0.1$ ), неконзистентноста е неприфатлива. Во тој случај е неопходна ревизија на субјективните одлуки (judgements), односно евалуацијата повторно треба да се реализира. 10% неконзистентност (max) припаѓа во редот на прифатлива неконзистентност (Saaty, 1987). Само во случај на перфектни одлуки (perfect judgements, absolutely consistent judgements) важи дека  $\lambda_{max} = n$ ,

односно ситуацијата е перфектно конзистентна ( $C.R. = 0$ ). Поради неперфектните одлуки на луѓето, во реалноста  $\lambda_{max} > n$  (Alonso & Lamata, 2006). Според Saaty, на скала од 0 до 1, неконзистентноста не треба да има поголема вредност од 0.1. (10%). Притоа, Saaty предлага дека овој лимит не треба да се намалува (на пример, 1% или 0.1%), затоа што неконзистентноста е важна сама по себе, затоа што без неа не може да се утврдат факторите на влијание врз редоследот на претпочитаните вредности за критериумите / едноставно, неконзистентноста е реална појава која мора да се земе во предвид. Ова е во контекст и на барањето дека елементите кои ќе се споредуваат е потребно да бидат малубројни. Ако нивното множество е големо, нивните релативни приоритети ќе бидат мали, со што грешките во пресметувањето може да ги надминат вредностите на приоритетите. Колку нивниот број е помал, толку влијанието на грешките е помало во правец на нивото влијание на одговорите на испитаниците, односно процесот на евалуацијата, со што релативните приоритети ќе останат исти. Saaty предлага работа со број на елементи помал или еднаков на 10.

### 5.1.9. Синтеза на моделот

Имајќи го во предвид векторот на приоритети на критериумите:

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (5.39)$$

од него може да се заклучи приоритизацијата на критериумите согласно одлуките донесени за споредбите во парови на PW матрицата. За пресметка на локалните приоритети во однос на секој од критериумите, се конструира матрицата (табелата) од  $m$  алтернативи и  $n$  критериуми (матрица со димензии  $m * n$ ):

Табела 5.4. Матрица на алтернативи и критериуми  
Table 5.4. Alternatives and criteria matrix

Алтернативи + Критериуми	Критериум 1	Критериум 2	...	Критериум $n$
Алтернатива 1	$ak_{11}$	$ak_{12}$	...	$ak_{1n}$
Алтернатива 2	$ak_{21}$	$ak_{22}$	...	$ak_{2n}$
...	...	...	...	...
Алтернатива $m$	$ak_{m1}$	$ak_{m2}$	...	$ak_{mn}$

каде што  $ak_{ij}$  ја претставува квантификацијата / вредноста која ја отсликува алтернативата  $i$  во однос на критериумот  $j$ . Во однос на секој критериум се одредува локалната преферирана вредност, која во рамките на таа колона е најголемата, односно најмалата вредност (вредност која е најоптимална, фаворизирана). Ова директно зависи и од почетното моделирање, односно поставување на хиерархиската структура на целта, критериумите и алтернативите. Соодветно, од табелата / матрицата претходно, се добива нормализирана табела / матрица во која елементите (во секоја колона) се добиваат преку делење на елементите на колоната со најголемиот елемент, во случај на фаворизирање на најголемата вредност од тој критериум, односно делење на најмалиот елемент од таа колона со останатите елементи од истата, во случај на фаворизирање на најмалата вредност од тој критериум. Во следната табела е претпоставено дека во 1-та и  $n$ -тата колона се фаворизира најмалата вредност, додека во 2-та колона се фаворизира најголемата вредност од тој критериум при изборот на алтернативите. На овој начин се прави нормализација по колони, независно од рангот и типот на единицата мерка на секој од критериумите - вредностите се поставуваат во ранг на вредност помеѓу 0 и 1, што го олеснува процесот на решавање на проблемот. Во така нормализираната матрица, вредностите може да се мешаат помеѓу себе, со што проблемот кој се сведува на донесување на одлука може полесно да биде решен.

Табела 5.5. Нормализирана матрица на алтернативи и критериуми  
Table 5.5. Normalized alternatives and criteria matrix

Алтернативи + Критериуми	Критериум 1	Критериум 2	...	Критериум $n$
Алтернатива 1	$ak_{min1}/ak_{11}$	$ak_{12}/ak_{2max}$	...	$ak_{minn}/ak_{1n}$
Алтернатива 2	$ak_{min1}/ak_{21}$	$ak_{22}/ak_{2max}$	...	$ak_{minn}/ak_{2n}$
...	...	...	...	...
Алтернатива $m$	$ak_{min1}/ak_{m1}$	$ak_{m2}/ak_{2max}$	...	$ak_{minn}/ak_{mn}$

каде што  $ak_{minj}, j = 1, \dots, m$  е најмалиот елемент во колоната  $j$ , односно  $ak_{maxj}, j = 1, \dots, m$  е најголемиот елемент во колоната  $j$ . Добиените вредности јасно покажуваат на приоритетната распределба на секоја алтернатива во однос на секој од критериумите присутни во одлучувањето.

Дополнително, вака нормализираната матрица се корелира со векторот на тежински коефициенти на критериумите  $W$  во контекст на конечна синтеза на моделот, при што вредноста на секоја од алтернативите во контекст на сумарниот генерален тежински вектор на приоритети на алтернативите се пресметува како:

$$A_{\text{ГенералниПриоритети}} = \begin{bmatrix} A_{\text{ГП1}} \\ A_{\text{ГП2}} \\ \vdots \\ A_{\text{ГП}m} \end{bmatrix} \quad (5.40)$$

каде што  $A_{\text{НМ}ji}$  соодветниот член во нормализираната матрица на алтернативи и критериуми, додека:

$$A_{\text{ГП}j} = \sum_{i=1}^n A_{\text{НМ}ji} w_i, j = 1, \dots, m \quad (5.41)$$

Во овој вектор, преферирана (претпочитана, најдобра) алтернатива е онаа алтернатива со најголема вредност (на севкупниот приоритет) во однос на другите алтернативи. Доколку се променат критериумите, секако дека тоа ќе резултира во промена на векторот  $W$ , со што се очекува да се променат и фаворизирањата во однос на алтернативите. Врз база на севкупните приоритети како резултат на синтезата на моделот и анализата на осетливост, се донесува конечната одлука за најдобрата алтернатива.

#### 5.1.10. Анализа на осетливост

Во еден математички (нумерички) модел, анализата на осетливост претставува метод со кој се утврдува влијанието на неизвесноста на промените на еден или повеќе влезни променливи / параметри врз неизвесноста на промените на еден или повеќе излезни параметри (Pichery, 2014). Анализата на осетливост овозможува квантитативно и квалитативно набљудување на моделот во контекст на тоа како тој одговара на промените во околината и интеракцијата на променливите. Целите на една анализа на осетливост се:

- Утврдување на највлијателните влезни параметри и определување на нивниот приоритет;

- Третирање на групи на променливи како една променлива;
- Вклучување на мултидимензионален просек;
- Мапирање на однесувањето на излезните параметри во однос на влезните параметри;
- Креирање на независност од моделот и
- Подесување (калибрација) на моделот.

Во контекст на АНР, анализата на осетливост може да се користи за елиминација на алтернативите, подобрување на процесот на донесување на одлуки или пак утврдување на нивото на стабилност на одлуката (Erkut and Tarimcilar, 1991).

#### **5.1.11. Позитивни и негативни страни**

Широката примена на АНР методот придонела за идентификација на позитивните, но и негативни аспекти на истиот, како во делот на примената на реални примери, така и во однос на толкувањето на резултатите на крај од примената на методот. Сумарно, позитивните аспекти се побројни, што е во контекст на моќноста со која располага методот. Во продолжение се прикажани клучните позитивни и негативни страни на оваа техника (Gass, 2001, Saaty, 1994, Triantaphyllou, 2000, Oguztimur, 2021, Aziz, Sorooshian & Mahmud, 2001, Sorooshian, Wenping & Yusof, 2015).

##### **Позитивни страни:**

- Преку генерирањето на хиерархијата од цел, критериуми, поткритериуми и алтернативи, практично се прави структурирање на комплексноста со цел справување со истата на едноставен начин;
- Алгоритмот е со високо ниво на упростување на пристапот, односно примената е мошне лесна за разбирање. Во одредени случаи, донесувачот на одлуки може да ги генерира РВ споредбите и врз база на својата перцепција;
- Прецизноста доаѓа од уникатниот модел, односно алгоритам на пресметка на приоритетни вектори преку земање во предвид на сите РВ споредби (вклучувајќи ги и редувантите);
- Активно вклучување на заедницата, односно целосно партиципирање на истата во процесот на донесување на одлуки. Притоа, овде може да зборуваме за експерти со различна професионална ориентација, со

што евалуацијата на проблемот се прави истовремено од различни аспекти;

- Со примена на анализа на осетливост, може да се утврди растегливоста на конечниот резултат;
- Вклучување на економски и социјален аспект на одреден проблем во објективен и субјективен, односно квалитативен и квантитативен контекст, соодветно на процесот на донесување на одлуки (интегрирано донесување на одлуки);
- Било кое ниво на детали во контекст на главната цел може да се структурира во хиерархијата на овој метод;
- Содржи чекори кои ја проверуваат конзистентноста на донесените одлуки;
- Се применува во контекст на одлучување во ситуации каде е потребно да се намали несигурноста и сомнежот во однос на алтернативите (решенијата), односно да се овозможи разумен избор на решението (алтернативата);
- Може да се примени од луѓе без формален тренинг и образование;
- Има широка примена во планирање, утврдување на ефикасност, анализа на бенефити и ризици итн.;
- Постојат софтверски решенија кои го поедноставуваат пресметувањето и примената на АНР алгоритмот.

#### **Негативни страни:**

- Мошне обемни пресметки, понекогаш и за проблем кој не е од голем обем;
- Се базира на мерки кои контекстуално се поврзани со веројатноста / можноста;
- Со раст на нивоата во хиерархијата, расте и бројот на споредбите во парови, што значително го зголемува времето и ресурсите за примена на АНР моделот;
- АНР моделот има субјективна природа во својата примена, што не секогаш води до гарантирано точен резултат на крајот;



- Алтернативите кои се дел од хиерархијата е потребно да бидат споредливи, односно да задоволуваат одредено ниво на хомогеност. Не постои можност за споредба на разнородни алтернативи.

## 5.2. DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA)

Data Envelopment Analysis (DEA), односно граничната техника за анализа на податоци претставува посебен непараметарски метод во областа на операциските истражувања, која се користи за проценка и пресметка на границата на ефикасност на производствениот процес (production frontier). Техниката припаѓа на непараметарските техники, затоа што не подлежи на прецизна фамилија на параметри или модел-функција (функција на продукција), односно дистрибуции на веројатност. Кај параметарските техники, како што се Stochastic Frontier Approach или SFA, Thick Frontier Approach или TFA и Distribution Free Approach или DFA, модел-функцијата е математички позната, односно истата може да се утврди со примена на статистика или други методи и техники. Тие служат за утврдување на економска ефикасност, односно овде се земаат во предвид параметри кои директно се поврзани со цената/трошоците без исклучок. Од друга страна, непараметарските техники работат со технолошка ефикасност, која треба да се измери во услови кога модел-функцијата не е позната, што е покомплексен пристап.

DEA техниката е претставена од Charnes, Cooper и Rhodes во 1978 година, како нов пристап за естимација на релативната ефикасност на субјектите (продукциските единици) кои се предмет на анализа (Banker, Charnes, Cooper & Maindiratta, 1988). Директно е поврзана со продукциската теорија во економетријата која ги објаснува принципите според кои се носат одлуки во бизнисот во смисла на тоа колку ресурси ќе се инвестираат, колкава количина на краен производ или услуга ќе се произведе, колку суровина и работна сила ќе се искористи итн. Во тој правец, се користи и како алатка за поставување на приоритети во областа на операцискиот менаџмент (утврдување што е добро, а што е помалку добро), а во поглед на производствените и сервисните операции (Charnes, Cooper & Rhodes, 1978). Како таква, DEA или граничната анализа практично може да служи за оптимизација на карактеристиките на една работна организација, доколку истата се применува од раководната структура на истата

– моќна алатка во рацете на управните органи на една организација (decision makers) за утврдување на корпоративната ефикасност и нејзино зголемување (Hřebíček, Trenz, Chvatalova & Soukopová, 2014). Како таква, особено наоѓа примена во јавниот сектор, каде што управувачката структура мора постојано да работи на подобрување на сервисот/услугата која ја нудат, особено поради фактот што истата е платена со парите на даночните обврзници. Секако, неоспорна е можноста за примена на оваа техника и во приватниот сектор, каде конкурентноста го диктира успехот на глобалниот пазар (Emrouznejad, Banker, Lopes & Almeida, 2013).

Глобално, две прашања се важни во поглед на анализата на функционирањето на еден субјект или систем, односно колку истиот во своето функционирање е ефективен и ефикасен. Ефективноста генерално се дефинира како степен на успешност на функционирање на одредена модел-функција во смисла на посакуваниот резултат (колку е задоволена посакуваната цел со постигнатиот краен резултат). Како категорија, ефективноста е долгорочна и се однесува само на крајниот резултат - односот помеѓу постигнатото и проектираното (Mihaiu, Opreana & Cristescu, 2010). Токму методите кои се базираат на однос (ratio) со својата едноставност можат да дадат одредена слика за ефикасноста на одреден субјект, меѓутоа кога станува збор за сеопфатно (корпоративна) анализа на успехот, односно ефикасноста, истите се тешко применливи.

Од друга страна, ефикасноста претставува индикатор за постигнатиот успех, односно краен резултат во однос на вложениот труд, односно ресурси. Во смисла на јавен сервис, ефикасноста може да се гледа како однос помеѓу социо-економското влијание на истиот во однос на вложените ресурси (најчесто финансии) вложени за постигнување на тој резултат (Mihaiu, Opreana & Cristescu, 2010). Сумарно, не постои ефикасност без ефективност, односно преку нивна тесна поврзаност, системот мора да биде ефикасен на ефективен резултат на крај, бидејќи единствена логична перцепција е позитивен резултат на крајот (Asmild, Paradi, Reese & Tam, 2007).

### 5.2.1. Основаност и историјат

Зачетокот на DEA е со трудот на (Farell, 1957) и неговата мотивација за пронаоѓање на нови подобрени модели и техники за пресметка на продуктивноста. Основната идеја потекнува од потребата за комбинирање на различните параметри (влезови) во процесот на мерење на сеопфатната ефикасност. Чекор плус би била проширената применливост на една ваква техника на секоја организација која има продукциски (производствен) карактер. Во овој правец се прави проширување на основниот концепт на продуктивност во поширокиот термин на ефикасност. Во веќе поставениот правец, во раните 70-ти години, Charnes, Cooper и Rhodes прават модел за евалуација на образовни програми за деца од обесправени групи во студии реализирани во јавните училишта на САД, со поддршка на Федералната влада (Cooper, Seiford & Zhu, 2011). Во своето истражување го користат концептот/критериумот на Парето во правец на евалуација на јавниот сектор, кој дава оправдување на промена на одредени делови (добра, излезни резултати, производи) од еден систем во насока на нивно подобрување, само доколку тоа не предизвикува штета на другите делови (добра, излезни резултати, производи) од тој систем, со што практично во прв план се става севкупната ефикасност на системот, а не поединечните (индивидуални) добивки или загуби (Charnes, Cooper, Seiford, Stutz, 1985). Вака поставениот Парето критериум води сметка за цената на ефикасноста на системот, односно распределбата на ресурсите (влезните, односно вложените ресурси / параметри) за да може да се задоволат барањата. Компаративниот момент е содржан во структурирањето на системот во продукциски единици чие однесување и меѓусебен однос е предмет на анализа во промената на параметрите во насока на севкупна оптимизација. Во нивното испитување, Rhodes како излезен параметар го смета нивото на (зголемена) самодоверба, додека како влезен параметар (ресурс) го смета инвестираното време од мајката за читање со нејзиното дете, мерено со соодветни психолошки тестови и анкетања. Особено бил интересен пристапот, затоа што никаде не се зборувало за финансиски момент како влезен ресурс. Како продолжение на овој модел со еден излез, Charnes, Cooper и Rhodes предлагаат модели со повеќе влезови, односно излези со користење на (дуално) линеарно програмирање. Подоцнежното прифаќање на овој нов пристап олицетворен во

DEA резултира со илјадници објавени трудови за примена на техниката, што е доказ за силината и применливоста на истата (Tavares, G., 2003). Имено, концептот на гранична енvelope на ефикасност е погенерален од концептот на модел-функцијата, што е фундаментална компонента на економијата, затоа што кај концептот на гранична анализа зборуваме за множество од продукциски функции – по една за секоја продукциска единица, каде граничната енvelope е претставена од коефициентите членови на множеството кое е предмет на анализа. Во тој контекст, со примена на DEA може да се третираат својства како што се изотоничност, неконкавност, делумна линеарност, Cobb-Douglas логлинеарни форми, дискрециони и недискрециони влезни параметри, категориски променливи и ординарни променливи (Cooper, Seiford and Zhu, 2011).

### 5.2.2. Продукциски единици (елементи на функција на продукција, DMU)

Една од главните карактеристики на граничната нестатистичка техника DEA која ги отвара широките можности за нејзина примена е можноста за работа со податоци кои се различни по природа (хетерогени), без да биде позната нивната меѓусебна поврзаност. Дури примената е ослободена и од априорен trade-off помеѓу параметрите, гледано поединечно на влез, односно на излез. Во основата на оваа техника која се користи за мерење на технолошката ефикасност се наоѓа линеарното програмирање. Линеарното програмирање претставува оптимизациска техника за систем со линеарни ограничувања и линеарна функција на цел, која е предмет на максимизација/минимизација преку пронаоѓање на вредностите на променливите кои ја максимизираат/минимизираат функцијата на цел (Cooper, Seiford & Tone, 2007).

Основната релација помеѓу влијателните фактори на продукција и резултатот (излезот) е претставена во основната форма на функцијата на продукција (Sickles and Zelenyuk, 2019):

$$Q = f(V_1, V_2, \dots, V_m, U_1, U_2, \dots, U_n) \quad (5.42)$$

каде што:

$Q$  е излезот на продукциската функција,

$V_1, V_2, \dots, V_m$  се контролирани влезни параметри и

$U_1, U_2, \dots, U_n$  се неконтролирани влезни параметри.

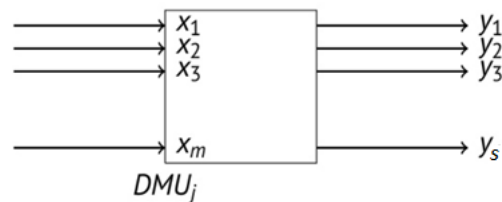
Целите на дефинирање на продукциската функција се во правец на избор на најдобри вредности за влезните параметри, максимизирање на излезните параметри и споредба со најдобрите (benchmarking) помеѓу продукциските единици (Decision Making Units). Во тој контекст, а во насока на соодветна примена на DEA, неопходно е претходно да се моделира системот во формат на множество (конкурентна средина) од продукциски единици (Decision Making Unit или DMU), кои претставуваат основни субјекти за кои ќе се мери релативната ефикасност (за сите продукциски единици во утврденото множество) (Ramanathan, R., 2003). Секоја од продукциските единици има своја функција на продукција, преку која се поврзани нејзините влезни и излезни параметри, односно прави трансформација на влезните во излезни параметри. Во тој контекст, за ефикасни продукциски единици се сметаат оние продукциски единици кои дават подобар (поголем) резултат на излез при непроменливи - исти (помали вредности) влезни параметри во однос на останатите продукциски единици во истото тоа множество. Токму преку „мерење“ на односот помеѓу излезите (резултатот) и влезовите (инвестициите) на продукциските единици во компаративна смисла се создава простор за лоцирање на изборот на помалата ефикасност, а што е неопходно во контекст на идната оптимизација. Иако се дозволува параметрите кои може да се агрегираат во рамките на една продукциска единица да бидат хетерогени, тие (продукциските единици) мора да бидат истородни помеѓу себе (хомогени).

Суштината во креирањето на продукциските единици (DMUs) е резултат на тенденцијата за развој на техники и мерки за мерење на ефикасност во услови на донесување на одлуки или decision making efficiency, со посебна референца кон употребата во јавниот сектор, односно евалуацијата на јавни програми / сервиси (Charnes, Cooper and Rhodes, 1978). Според изворните автори на DEA, под терминот програм ќе се подразбира множество или колекција од единици за донесување на одлуки, односно Decision Making Units (DMUs) со исти влезни и излезни параметри. Излезните параметри се слика за вредноста кон која се стреми донесувачот на одлуки, дури и во услови кога не постои формална платформа за евалуација или кога за нив не е едноставно да се определат тежинските системи. Соодветно, влезните параметри може да бидат лесно

мерливи или пак не толку лесно мерливи. Заедничка карактеристика и за влезните и за излезните параметри е токму непостоењето на референца за одредување на тежинските коефициенти/фактори во поглед на различните параметри по природа. Донесувањето на одлука на ниво на DMU има генерално непрофитен карактер, иако неизбежен е моментот на поврзување на оваа техника со економскиот развој. Примената на техниката резултира со приказ на програмата во форма на ранг-листа од продукциските единици кои припаѓаат на истата програма.

### 5.2.2.1. Елементи на продукциска единица

Параметри кои ја опишуваат секоја продукциска единица се нејзините влезни параметри, излезни параметри и бројот на продукциските единици кои го сочинуваат множеството кое е предмет на анализа.



Слика 5.5. Шема на продукциска единица  
Figure 5.5. Decision Making Unit scheme

Вака поставената продукциска единица поседува  $x_1, x_2, \dots, x_m$  влезни параметри и  $y_1, y_2, \dots, y_s$  излезни параметри. Вкупно продукциски единици ( $DMU_j$  на сликата) за кои е идентична суштинската структура на влезови и излези е  $n$ , односно  $DMU_1, DMU_2, \dots, DMU_n$ . Изборот на продукциските единици и нивните влезни и излезни параметри се резултат на впечатокот на истражувачот (постои голема флексибилност во овој поглед), што ќе овозможи создавање на средина на споредба на нивните перформанси и поединечна релативна ефикасност (Cooper, Seiford & Zhu, 2011). Во контекст на претходно кажаното, во продолжение се сумирани четирите стартни чекори во насока на правилна примена на DEA:

- Идентификација на продукциските единици како влезно излезни системи;

- Идентификација на влезните и излезните параметри на продукциските единици со целосна слобода во нивниот хетероген карактер;
- Идентификација на перцепцијата на истражувачот (целта) во контекст на моделирањето на претходните две точки и
- Правилна примена на DEA за:
  - Утврдување на моменталната ефикасност и
  - Генерирање на предлог чекори за зголемување на ефикасноста на продукциските единици (намалување на инвестицијата/влезот и/или зголемување на резултатот/излезот), онаму каде што тоа е возможно.

### 5.2.3. Ефикасност во DEA

Во едно множество од  $n$  продукциски единици, каде  $x_k$  и  $y_k$  се влезот, односно излезот на  $k$ -тата продукциска единица, релативната ефикасност на  $k$ -тата продукциска единица во однос на другите единици на тоа множество се дефинира како:

$$\text{Релативна Ефикасност}_k = \frac{\frac{y_k}{x_k}}{\max\left(\frac{y_j}{x_j}, j = 1, \dots, n\right)} \quad (5.43)$$

Во тој контекст, со оглед на фактот што оваа техника се користи за евалуација на ефикасноста на сервисно ориентирани организации (бизнис, владини агенции, здравствени установи, образовни институции итн.) каде што во принцип од предмет на интерес е трошокот по единица мерка или пак заработката по единица мерка, дефиницијата на ефикасноста поаѓа од односот Output/Input. Во тој контекст, поаѓајќи од фактот дека продукциските единици се токму системи во кои вложените ресурси (влез) продуцираат излезен резултат (излез), ефикасноста се дефинира како (Cooper, R.R., Seiford, M. L, Tone, K., 2007):

$$\text{Ефикасност} = \frac{(\text{Тежинска сума на}) \text{ Излез}}{(\text{Тежинска сума на}) \text{ Влез}}$$

Релативната ефикасност која се пресметува со DEA подлежи на двете дефиниции кои се во продолжение (Cooper, Seiford & Zhu, 2011):

**Дефиниција 1:** Дефиниција за **Pareto-Koopmans** ефикасност – Комплетна (100%) ефикасност е постигната од една продукциска единка (DMU), ако и само ако не е возможно да се подобри кон подобро некој од влезните, односно излезните параметри без да се промени кон полошо некој од влезните и/или излезните параметри.

**Дефиниција 2:** Дефиниција за **релативна ефикасност** – Една продукциска единка (DMU) може да биде комплетно (100%) ефикасна врз основа на достапните податоци, ако и само ако перформансите на другите продукциски единици (DMUs) подлежат на правилото дека промената на влезните, односно излезните параметри кон подобро задолжително подразбираат промена на другите влезни и/или излезни параметри кон полошо.

Ефикасноста со која работи DEA е парето ефикасност. Во парето ефикасна состојба, односно за продукциска единка (DMU) за која велиме дека е парето ефикасна во контекст на DEA, алокацијата на ресурсите (во смисла на вредносна поставеност на влезните и излезните параметри) е оптимална. Бидејќи со дефинициите погоре се избегнува потребата од априори дефиниција на одредени тежински аспекти кои би требало да ја потенцираат релативната важност на влезните или излезните параметри и нивната меѓусебна поврзаност, оваа ефикасност уште се нарекува **техничка** ефикасност. Широката примена на DEA прави разлика помеѓу (Mihaiu, Opreana & Cristescu, 2010), (Thanassoulis & Silva, 2018):

- Техничка ефикасност (technical efficiency) – доведува во формирање на гранична линија / енVELOпа на ефикасност имплицирана од односот помеѓу влезовите и излезите (нема „обврска“ за економска смисла);
- Распределувачка ефикасност (allocative/cost efficiency) – задолжително вклучува однос помеѓу трошокот и бенефитот (cost/benefit ratio), односно задолжително има економска смисла, и
- Комбинирана (свкупна) ефикасност (mixed/overall efficiency) – комбиниран пристап од претходните две.



Во терминологија на DEA, ефикасноста кај секоја единка поединечно е количник од тежинската сума на резултатот / излезните параметри и тежинската сума на инвестицијата / влезните параметри (Nazarko and Saparauskas, 2013):

$$E = \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_j}{\sum_{i=1}^m v_i x_i} \quad (5.44)$$

каде што:

- $i = 1, \dots, m$  е бројот на влезни параметри, односно инвестирани ресурси;
- $j = 1, \dots, s$  е бројот на излезни параметри, односно генерирани резултати;
- $y_j$  се излезните параметри со соодветни тежински коефициенти  $u_j$  и
- $x_i$  се влезните параметри со соодветни тежински коефициенти  $v_i$ .

Математички, ефикасноста се движи во границите  $0 \leq \theta \leq 1$ . Притоа, вредностите на тежинските коефициенти не се познати од почетокот. Целта на примената на DEA е пресметка на вредноста на тие тежински коефициенти од аспект на секоја продукциска единка поединечно, со цел тие да „добијат“ најповолна вредност за таа продукциска единка, со што нејзината ефикасност ќе има најголема вредност. Ова ја гарантира објективноста на самата техника (нешто што не е случај кога се применуваат вредности на тежински коефициенти кои се условно познати). Поединечното пресметување на најповолни вредности на тежинските коефициенти за секоја продукциска единка овозможува утврдување на влезови и излези кои ја оптимизираат нејзината ефикасност (кои се најповолни за неа) во множеството кое е предмет на анализа. Со тоа се лоцираат единките кои имаат најдобра поставеност на влезните и излезните параметри, односно имаат оптимални перформанси во однос на другите припадници во множеството (од нив не постои компаративна единка во однос на која ќе се пресмета неефикасност) и за нив  $\theta = 1$ , односно тие ја формираат енвелопата на ефикасни единки. За сите други,  $\theta < 1$ , односно се вели дека тие се релативно неефикасни единки.

Притоа, бројот на продукциски единки кои се предмет на анализа мора да се покорува на следното ограничување (Cooper, Seiford & Zhu, 2011):

$$n \geq \max\{m * s, 3(m + s)\}$$

каде што  $n$  е бројот на продукциски единици,  $m$  е бројот на влезни параметри и  $s$  е бројот на излезни параметри.

#### 5.2.4. Математичка форма на DEA

Операциските истражувања се посебна дисциплина која преку примена на математичко моделирање и техники, статистичка анализа и алгоритми, служи за решавање на комплексни прашања и проблеми во насока на донесување на подобри одлуки преку пронаоѓање на оптимални (или близу оптимални) решенија, кои се во насока на подобрување/оптимизација на перформансите на системот. DEA претставува специфична оптимизациона техника која почива на принципите на линеарното програмирање, како посебен тип на математичко програмирање. Имено, општата дефиниција на проблем кој е предмет на оптимизација со користење на математичкото програмирање е:

- Да се пронајде минимумот, односно максимумот на функцијата на цел (нејзина екстремна вредност) -  $f(X)$ ,
- Ако се имаат во предвид следните ограничувања:  $g_i(X) \leq 0, i = 1, 2, \dots, m; X \geq 0$ , каде што векторот од реални вредности е  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in R^n$ , а  $f(X), g_i(X), i = 1, 2, \dots, m$  претставуваат функции од тој вектор  $X$  (Aronson, E. J., Zionts, S., 1998).

Доколку функциите  $f(X)$  и  $g_i(X)$  се линеарни (линеарни равенки и неравенки), тогаш проблемот е познат како проблем кој може да се реши со техники од линеарното програмирање:

- Функција на цел (да се пронајде минимална или максимална вредност):

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n = z \quad (5.45)$$

каде што  $C = (c_1, c_2, \dots, c_n) \in R^n$  е вектор од реални константи, и

- Ограничувачките линеарни неравенства:  $g_i(X) \leq 0, i = 1, 2, \dots, m; X \geq 0$  може да се претстават и како систем од  $m$  ограничувачки (не)равенки:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$\begin{aligned}
& a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2 \\
& \dots\dots\dots \\
& a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m \\
& x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0
\end{aligned} \tag{5.46}$$

ОДНОСНО:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq b_i, i = 1, 2, \dots, m \tag{5.47}$$

КАДЕ ШТО:

- $c_i, i = 1, \dots, n$  се нарекуваат тежински коефициенти на целната функција;
- $x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$  се нарекуваат одлучувачки променливи во целната функција и
- $a_{ij}, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$  се нарекуваат технолошки коефициенти (Beck, E. R., Kolman, B. 1995).

Секој модел базиран на линеарно програмирање, може да се пресметува и во поглед на неговиот дуален репрезент (Karloff, H., 2009). Ова е концепт кој директно се пренесува и на DEA оптимизационата техника:

Основен модел:

$$\begin{aligned}
\max z &= c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \\
&\text{или} \\
\max \left( z = \sum_{j=1}^n c_jx_j \right)
\end{aligned} \tag{5.48}$$

со ограничувањата:

$$\begin{aligned}
& a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1 \\
& \dots\dots\dots \\
& a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m \\
& x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0 \\
& \text{или} \\
S = \begin{cases} \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j & (\leq \text{ или } = \text{ или } \geq) b_i, i = 1, 2, \dots, m \\ x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{cases}
\end{aligned} \tag{5.49}$$

Дуален модел (претставен преку параметрите на примарот):

$$\min z = b_1y_1 + b_2y_2 + \dots + b_my_m \quad (5.50)$$

со ограничувањата:

$$\begin{aligned} a_{11}y_1 + a_{21}y_2 + \dots + a_{m1}y_m &\geq c_1 \\ &\dots \\ a_{1n}y_1 + a_{2n}y_2 + \dots + a_{mn}y_m &\geq c_n \\ y_1, y_2, \dots, y_m &\geq 0 \end{aligned} \quad (5.51)$$

Во случајот на DEA, продукциската функција е карактеристика за секоја продукциска единица (DMU). Бидејќи целта од примената на оваа техника е утврдување на ефикасноста на истата, таа се дефинира како (ефикасноста на  $k$ -та продукциска единица од множеството на продукциски единици):

$$\theta_k = \frac{u_{1k}y_{1k} + u_{2k}y_{2k} + \dots + u_{sk}y_{sk}}{v_{1k}x_{1k} + v_{2k}x_{2k} + \dots + v_{mk}x_{mk}} \quad (5.52)$$

каде што (Nazarko and Saparauskas, 2013):

- $x_{ik}, i = 1, \dots, m$  се влезните параметри во однос на  $k$ -тата продукциската единица, односно во терминологија на DEA количество на ресурс  $i$  потрошен / искористен од  $DMU_j$ ;
- $y_{jk}, j = 1, \dots, s$  се излезните параметри во однос на  $k$ -тата продукциска единица, односно во терминологија на DEA количество на продукт / резултат  $i$  генериран од  $DMU_j$ ;
- $v_{1k}, v_{2k}, \dots, v_{mk} \geq 0$  се тежинските коефициенти во однос на влезните параметри на  $k$ -тата продукциската единица (ограничувачки фактор);
- $u_{1k}, u_{2k}, \dots, u_{sk} \geq 0$  се тежинските коефициенти во однос на излезните параметри на  $k$ -тата продукциската единица (ограничувачки фактор);
- $k = 1, \dots, n$  е бројот на продукциски единици;
- $i = 1, \dots, m$  е бројот на влезни параметри, односно искористени ресурси

- $j = 1, \dots, s$  е бројот на излезни параметри, односно генерирани резултати.

Поаѓајќи од вака поставениот проблем, истиот се решава со максимизирање на ефикасноста на  $k$ -тата продукциска единица (односот помеѓу сумата на излезните параметри помножени со нивните тежински коефициенти и сумата на влезните параметри помножени со нивните тежински коефициенти), во услови кога ваквите односи за секоја продукциска единица се помали или еднакви на единица, за секоја продукциска единица посебно.

Математички, ова се претставува како:

- Да се пронајде:

$$\max(\theta_k = \frac{u_{1k}y_{1k} + u_{2k}y_{2k} + \dots + u_{sk}y_{sk}}{v_{1k}x_{1k} + v_{2k}x_{2k} + \dots + v_{mk}x_{mk}}) \quad (5.53)$$

- За влезниот и излезниот вектор на вредности:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & x_{2n} \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (5.54)$$

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & y_{2n} \\ y_{s1} & y_{s2} & y_{sn} \end{bmatrix} \quad (5.55)$$

- Што е предмет на следните ограничувачки равенки:

$$DMU_1: \frac{u_{1k}y_{11} + u_{2k}y_{21} + \dots + u_{sk}y_{s1}}{v_{1k}x_{11} + v_{2k}x_{21} + \dots + v_{mk}x_{m1}} = \frac{\sum_{i=1}^s u_{ik}y_{i1}}{\sum_{j=1}^m v_{jk}x_{j1}} \leq 1$$

...

$$DMU_k: \frac{u_{1k}y_{1k} + u_{2k}y_{2k} + \dots + u_{sk}y_{sk}}{v_{1k}x_{1k} + v_{2k}x_{2k} + \dots + v_{mk}x_{mk}} = \frac{\sum_{i=1}^s u_{ik}y_{ik}}{\sum_{j=1}^m v_{jk}x_{jk}} \leq 1$$

...

$$DMU_n: \frac{u_{1k}y_{1n} + u_{2k}y_{2n} + \dots + u_{sk}y_{sn}}{v_{1k}x_{1n} + v_{2k}x_{2n} + \dots + v_{mk}x_{mn}} = \frac{\sum_{i=1}^s u_{ik}y_{in}}{\sum_{j=1}^m v_{jk}x_{jn}} \leq 1$$

$$v_{1k}, \dots, v_{mk} \geq 0, u_{1k}, \dots, u_{sk} \geq 0;$$

$$x_{ij} \geq 0, y_{rj} \geq 0; i = 1, \dots, m; r = 1, \dots, s; j = 1, \dots, n. \quad (5.56)$$

Ова е практично основниот CCR модел предложен од Charnes, Cooper и Rhodes во 1978 година (**Basic CCR model**). Имено, во овој систем,  $x_{ij} \geq 0, y_{rj} \geq 0$  се познати влезни и излезни параметри, додека  $v_{1k}, \dots, v_{mk} \geq 0, u_{1k}, \dots, u_{sk} \geq 0$  се тежинските коефициенти, односно променливите кои е потребно да се пресметаат со решавањето на равенки. Бидејќи не постои објективна форма за пресметка на вредностите на тежинските коефициенти (кај различни продукциски единици, тежината и значењето на различните влезни, односно излезни параметри е различна), преку DEA тоа се прави со решавање на овој систем за секоја од  $k$ -те на број продукциски единици. Бидејќи се познати вредностите на влезните и излезните параметри (тоа се **константи** во пресметките), вредностите кои ќе се пресметаат за тежинските коефициенти се **оптимални** во условите во кои е поставен системот од продукциски единици, на начин на кој ја оптимизираат продукциската единица, односно нејзината ефикасност (Charnes, Cooper & Rhodes, 1978). Така пресметаната ефикасност (во референтното множество на продукциски единици претходно определено) е **релативна** во однос на другите продукциски единици.

### 5.2.5. Основен CCR модел - редукција кон форма на линеарно програмирање

Основниот модел е предложен од Charnes, Cooper и Rhodes во 1978 година. Моделот кој е елабориран во претходното поглавје е проширена формулација која се базира на нелинеарно фракционално програмирање, односно проблем каде функцијата на цел е однос на две функции кои генерално се нелинеарни (Charnes & Cooper, 1973; Charnes & Cooper, 1962). Со цел примена на податлива и лесно пресметлива формулација за голем број на продукциски единици за кои може да има и помал број на влезни, односно излезни параметри, преку соодветна алгебарска трансформација се прави замена со еквиваленти од линеарното програмирање (поголема јасност и флексибилност, како и поголем допир со економетријата). Ова се прави врз основа на докажана

**теорема** за еквивалентност помеѓу фракционалното и линеарното програмирање (Cooper, Seiford & Tone, 2007).

Со ригорозно решавање на поставениот проблем, ограничувањата во (5.55) дадени со  $v_i, u_r \geq 0$  (за  $k$ -тата продукциска единица) се заменуваат со  $\frac{v_i}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}}, \frac{u_r}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \geq \varepsilon > 0$  (Cooper, Seiford & Zhu, 2011), каде што  $\varepsilon$  претставува неархимедов елемент помал од било кој позитивен реален број. Овој услов гарантира дека решенијата во однос на променливите ќе имаат позитивни вредности. Ова води кон постоење на бесконечен број на решенија. Имено, ако  $(u^*, v^*)$  се оптимални, тогаш и  $(\alpha u^*, \alpha v^*)$  се оптимални, за  $\alpha > 0$ . Сепак, трансформацијата развиена од Charnes и Cooper (1962) за линеарно фракционално програмирање избира репрезентативно решение за  $u$  и  $v$ , при што важи  $\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1$ . Ова води кон ситуација во која проблемот се сведува на линеарно програмирање, каде што промената на променливите од  $(u, v)$  во  $(\mu, \nu)$  е резултат на Charnes-Cooper трансформацијата.

Согласно оваа трансформација, проблемот се сведува на (во овој случај, потребно е да се нотира дека променливите  $v_i, u_j$ , како и  $x_{ik}$ , односно  $y_{jk}$  се однесуваат на набљудуваните влезни и излезни параметри соодветно на  $k$ -тата продукциска единица  $DMU_k$ ):

- Да се пронајде:

$$\max(\theta_k = z = \mu_1 y_{1k} + \mu_2 y_{2k} + \dots + \mu_s y_{sk}) \quad (5.57)$$

- Што е предмет на следните ограничувања:

$$v_1 x_{1k} + v_2 x_{2k} + \dots + v_m x_{mk} = \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1 \quad (5.58)$$

односно именителот за  $\theta_k$  се поставува на константна вредност и

$$\begin{aligned} \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 0, \quad j = 1, \dots, n \\ v_i, \mu_r &\geq 0, \quad i = 1, \dots, m, r = 1, \dots, s \end{aligned} \quad (5.59)$$

Овој проблем, во матрична форма е прикажан како (нумеричката репрезентација одговара на векторите на тежински коефициенти на влезните, односно излезните параметри соодветно):

$$\begin{aligned} \max z &= U^T Y_k \\ U^T Y - V^T X &\leq 0 \\ V^T X_k &= 1 \end{aligned} \quad (5.60)$$

Дополнително, хетерогеноста на влезните и излезните параметри е обезбедена со **теоремата** за инваријантност на параметрите (Units Invariance Theorem, Charnes, Cooper & Rhodes, 1978):

**Теорема** за инваријантност на единиците/параметрите: Оптималните вредности на ефикасноста се независни од единиците мерки на влезните, односно излезните параметри исти за секоја продукциска единка.

Од овде, за решавањето на проблемот на линеарното програмирање, може да се користат и методи како симплекс методот. Оптималното решение може многу полесно да се добие со решавање на дуалниот модел на ЛП.

### 5.2.6. Дуален CCR модел

Ако се има во предвид базичниот CCR модел, на него му се придружува дуалниот CCR модел, претставен преку реалната променлива  $\theta$  и ненегативниот вектор на променливи  $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)^T$ .

Дуален ЛП проблем (Cooper, Seiford & Zhu, 2011):

- Да се пронајде:

$$\min \theta$$

- Што е предмет на следните ограничувања:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} &\leq \theta x_{ik}, \quad i = 1, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} &\geq y_{rk}, \quad r = 1, \dots, s \\ \lambda_j &\geq 0, \quad j = 1, \dots, n \end{aligned} \quad (5.61)$$



Или дуалниот ЛП проблем во матрична форма:

- Да се пронајде  $\min \theta$
- Што е предмет на следните ограничувања:

$$\begin{aligned} X\lambda &\leq \theta x_k \\ Y\lambda &\geq y_k \\ \lambda &\geq 0 \end{aligned} \tag{5.62}$$

Кореспонденцијата помеѓу примарот (ЛП) и дуалниот модел (ДЛП) е прикажана во продолжение:

Табела 5.6. Кореспонденција помеѓу примарен и дуален ЛП модел  
Table 5.6. Correspondences between primal and dual model

Ограничувања (ЛП)	Променливи (ДЛП)	Ограничувања (ДЛП)	Променливи (ЛП)
$V^T X_k = 1$	$\theta$	$X\lambda \leq \theta x_k$	$U \geq 0$
$U^T Y - V^T X \leq 0$	$\lambda \geq 0$	$Y\lambda \geq y_k$	$V \geq 0$

ДЛП моделот има можно решение  $\theta = 1, \lambda_k = 1, \lambda_j = 0$  ( $j \neq 0$ ). Оптималното решение за  $\theta$  не е поголемо од единица. Дополнително, како резултат на претпоставката дека податоците се различни од нула (семипозитивни), ограничувањето  $Y\lambda \geq y_k$  води кон тоа дека векторот  $\lambda$  има ненегативна вредност. Дополнително, од  $X\lambda \leq \theta x_k$ ,  $\theta$  мора да биде поголема од нула, со што произлегува дека  $0 < \theta \leq 1$ . Продукциските единици за кои  $\theta < 1$  се релативно неефикасни, додека оние за кои  $\theta = 1$  велиме дека се ефикасни, односно гранични точки (boundary points). Така дефинираната ефикасност уште се нарекува Фарелова ефикасност (Farrell Efficiency, Farrell, 1957).

Некои гранични точки (boundary points) може да бидат слабо ефикасни, поради ненултните вредности на дополнително додадените (вишок, slack variables, sv) променливи (Cooper, Seiford & Zhu, 2011). Ова може да биде проблематично во случаи кога некои оптимални решенија имаат ненулти вредности за sv во едни, односно нулти во други случаи. Ова може да се избегне доколку се повикаме на следното решавање на ЛП проблем, каде за тие sv е потребно да се најде максималното решение.

Имено, sv променливите практично претставуваат приказ за вишокот на влезните променливи  $s^- \in R^m$ , односно недостатокот на излезните променливи  $s^+ \in R^s$ , во продолжение прикажани како дополнителни (slack) вектори:

$$\begin{aligned} s^- &= \theta x_k - X\lambda \\ s^+ &= Y\lambda - y_k \end{aligned} \quad (5.63)$$

каде што  $s^-, s^+ \geq 0$  за секое возможно решение  $(\theta, \lambda)$  на ДЛП проблемот. Понатаму, за пронаоѓање на можните вредности на вишокот, односно недостатокот на влезните, односно излезните параметри, се решава:

$$\max \left( \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{i=1}^m s_i^- \right) \quad (5.64)$$

што е предмет на следните ограничувања:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- &= \theta^* x_{ik}, i = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ &= y_{rk}, r = 1, 2, \dots, s \\ \lambda_j, s_i^-, s_r^+ &\geq 0, \text{ за сите } i, j, r \end{aligned} \quad (5.65)$$

Притоа,  $\theta^*$  е оптималната вредност за ефикасноста (фарелова ефикасност). Имајќи го ова во предвид, важат следните дефиниции:

**Дефиниција за DEA ефикасност:** Велиме дека  $DMU_k$  е целосно (100%) ефикасна (CCR efficient), ако и само ако  $\theta^* = 1$  и сите slack променливи  $s_i^- = s_r^+ = 0$ .

**Дефиниција за слаба DEA ефикасност:** Велиме дека  $DMU_k$  е слабо ефикасна (CCR inefficient) ако и само ако  $\theta^* = 1$  и  $s_i^- \neq 0$  и/или  $s_r^+ \neq 0$  за некои вредности на  $i$  и  $r$  во некои алтернативни решенија.

Како дополнување, се подразбира дека во случај кога  $\theta^* < 1$ , велиме дека  $DMU_k$  е CCR-inefficient.

Проблемот од (5.63) и (5.64) се сведува на решавање на :

$$\min \theta - \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{i=1}^m s_i^- \right) \quad (5.66)$$

што е предмет на следните ограничувања:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij}\lambda_j + s_i^- = \theta x_{ik}, i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj}\lambda_j - s_r^+ = y_{rk}, r = 1, 2, \dots, s$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, \text{ за сите } i, j, r \quad (5.67)$$

каде што  $\varepsilon$  променливите практично прават конверзија на неравенките од (5.61) во равенки (5.67).  $\varepsilon > 0$  претставува неархимедов елемент помал од било кој позитивен реален број.

Ако со (5.60), односно (5.66) и (5.67) се прикажани влезно ориентираните CCR модели (multiplier и envelopment модел соодветно), Charnes и Cooper, преку Charnes-Cooper трансформација на линеарно фракционално програмирање го воведуваат и излезно ориентираните multiplier и envelopment модел. Кореспонденцијата е прикажана во продолжение (Cooper, Seiford & Zhu, 2011).

Табела 5.7. CCR DEA модели  
Table 5.7. CCR DEA models

Влезно ориентиран	
Envelopment модел	Multiplier модел
$\min \theta - \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{i=1}^m s_i^- \right)$ $\sum_{j=1}^n x_{ij}\lambda_j + s_i^- = \theta x_{ik}, i = 1, 2, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n y_{rj}\lambda_j - s_r^+ = y_{rk}, r = 1, 2, \dots, s$ $\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n$	$\max z = \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rk}$ $\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1$ $\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0,$ $j = 1, \dots, n$ $v_i, \mu_r \geq 0, i = 1, \dots, m, r = 1, \dots, s$
Излезно ориентиран	
Envelopment модел	Multiplier модел
$\max \phi + \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{i=1}^m s_i^- \right)$	$\min q = \sum_{i=1}^m v_i x_{ik}$ $\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rk} = 1$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = x_{ik}, i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = \phi y_{rk}, r = 1, 2, \dots, s$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} \geq 0,$$

$$j = 1, \dots, n$$

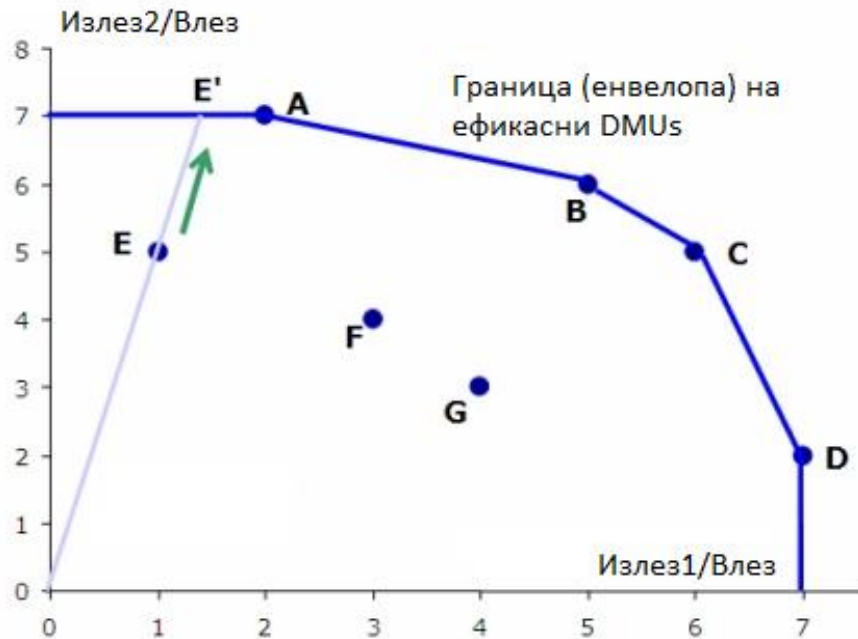
$$v_i, \mu_r \geq 0, i = 1, \dots, m, r = 1, \dots, s$$

Овие модели се познати уште како CCR модели (Charnes, Cooper, Rhodes, 1978). Притоа, доколку се дозволи ограничувањето  $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ , во тој случај уште се познати и како BCC модели (Banker, Charnes, Cooper, 1984). Ова резултира со воведување на нова променлива која овозможува пресметување на return-to-scale евалуации (во растечка, константна или опаѓачка смисла). Следствено, BCC моделот уште е познат и како VRS (Variable Return to Scale) модел (различен од CCR моделот, кој уште е познат и како CRS модел (Constant Return to Scale)).

### 5.2.7. Графички приказ

Со оглед на ограничувањата на ниво на продукциска единица во поглед на вредностите на ефикасноста, разликуваме две категории на продукциски единици (Cooper, Seiford & Tone, 2007):

- Ефикасни продукциски единици, кои имаат вредност на ефикасноста еднаква на единица ( $\theta_k = 1$ ), односно 100% ефикасни во сетот од податоци со кои работиме и за кои велиме дека се парето ефикасни и кои го формираат граничникот на ефикасни продукциски единици (efficiency frontier) и
- Релативно неефикасни (помалку ефикасни) продукциски единици, кои имаат ефикасност помала од единица ( $\theta_k < 1$ ), кои се „опфатени“, односно се наоѓаат „под“ граничникот (анг. envelope) формиран од ефикасните DMUs.



Слика 5.6. Графички приказ на DEA модел (Влезови: 1, Излези: 2, Продукциски единици: 7, Ефикасни продукциски единици: 4)  
 Figure 5.6. Graphical display of possible DEA model (Inputs: 1, Outputs: 2, DMUs: 7, Efficient DMUs: 4)

Имајќи ја предвид ваквата поставеност (генерално, енвелопа во  $n$ -димензионален простор), се создава простор за оптимизација (Cooper, Seiford & Tone, 2006). Имено, примерот на сликата се однесува на модел во кој постои еден влезен и два излезни параметри за секоја продукциска единица (на пример, испитување на ефикасност на такси компании: влезен параметар – број на такси возила, излезен параметар 1 – број на патници, излезен параметар 2 – број на извозени километри / заработка по километар). Од точките A, B, C и D (во случајот, четири различни такси компании) е составен frontier-от на ефикасни продукциски единици во множеството од вкупно 7 продукциски единици (A, B, C, D, E, F и G). Според поставеноста на неефикасните продукциски единици во однос на енвелопата, може да се определи и процентот на ефикасност на истите, односно каде истите се наоѓаат во така поставените релации (примерот е даден за такси компанијата E):

$$\text{Процент на ефикасност на } DMU E = \frac{OE}{OE'}$$

За да може продукциската единка  $E$  да стане ефикасна, потребно е да се „донесе“ на енвелопата, односно на границата на ефикасност (транслација кон енвелопата на ефикасни DMUs). Во тој контекст, оптимизацијата претставува приближување на продукциската единка која е неефикасна кон енвелопата (граничникот на ефикасност). Истото може да се направи преку интервенција на влезната страна на параметрите, односно намалување на нивните вредности или интервенција на излезната страна на параметрите, односно зголемување на нивните вредности. Онаа продукциска единка која на граничникот е најблизу до  $E'$  (во случајот, тоа е DMU A) велиме дека е **модел**, односно **референтна DMU** за  $E'$ . Притоа, вака поставениот модел ги ограничува ефикасните продукциски единки од подобрување, односно во даденото множество од DMUs, оние кои ќе бидат детектирани како ефикасни не може дополнително да бидат подобрани, што секако не е согласно реалноста. За да може и математички истото да се потврди, би требало да се зголеми множеството од продукциски единки и/или параметри, како би се создал простор за понатамошна оптимизација. Впрочем, ова навидум ограничување е согласно почетната позиција на DEA за утврдување на **релативна** ефикасност (Banker, Emrouznejad, Lopes & Rodrigues de Almeida, 2012). Таа во секој случај се пресметува преку низа од оптимизациски активности (за секоја DMU по еден сет од пресметки) и директно зависи од бројот на продукциски единки, од бројот на влезни и излезни параметри, како и од нивната суштина, односно колку тие навистина се во контекст на ефикасноста.

### 5.2.8. Множество на референтни и композитни продукциски единки (Efficiency Reference Set, ERS)

За неефикасните продукциски единки  $DMU_k$  се дефинира референтно множество од продукциски единки, базирано на максималните решенија за slack променливите (Cooper, Seiford & Tone, 2007):

$$E_0 = \{j | \lambda_j^* > 0\} (j \in \{1, \dots, n\}) \quad (5.68)$$

Поаѓајќи од фактот дека оптималното решение може да се претстави како:

$$\theta^* x_k = \sum_{j \in E_0} x_j \lambda_j^* + s^{-*}$$

$$y_k = \sum_{j \in E_0} y_j \lambda_j^* - s^{+*} \quad (5.69)$$

може да се наведе дека:

$$x_k \geq \theta^* x_k - s^{-*} = \sum_{j \in E_0} x_j \lambda_j^* \quad (5.70)$$

односно:

$$y_k \leq y_k + s^{-*} = \sum_{j \in E_0} y_j \lambda_j^* \quad (5.71)$$

Овие релации водат кон тоа дека ефикасноста на  $DMU_k(x_k, y_k)$  може да се подобри доколку влезните параметри радијално се намалат за односот  $\theta^*$  и се елиминираат вишок променливите во однос на влезните параметри  $s^{-*}$ . Слично, ефикасност може да се постигне и доколку излезните вредности се зголемат за вредноста на  $s^{+*}$ . На тој начин се добива метод за подобрување на неефикасните продукциски единици.

Имено, вредностите за подобрување на влезот, односно излезот се добиваат како:

$$\begin{aligned} \Delta x_k &= x_k - (\theta^* x_k - s^{-*}) = (1 - \theta^*)x_k + s^{-*} \\ \Delta y_k &= s^{+*} \end{aligned} \quad (5.72)$$

Од овде, се добива формулацијата на CCR проекцијата:

$$\begin{aligned} \widehat{x}_k &= x_k - \Delta x_k = (\theta^* x_k - s^{-*}) \leq x_k \\ \widehat{y}_k &= y_k + \Delta y_k = y_k + s^{+*} \geq y_k \end{aligned} \quad (5.73)$$

Со CCR проекцијата на  $DMU_k$ , а што е  $(\widehat{x}_k, \widehat{y}_k)$ , неефикасната продукциска единица се проектира на референтното множество од продукциски единици  $E_0$ . Продукциските единици кои ќе се сместат на граничникот на ефикасноста, велиме дека го сочинуваат множеството од ефикасни продукциски единици (Efficiency Reference Set или  $ERS = E_0$ ). За сите нив, релативната ефикасност  $\theta = 1$ . За другите продукциски единици кои се неефикасни, се пресметуваат нивните референтни претставници од граничникот на ефикасноста преку пресметка на

ненулни вредности на  $\lambda$  со чија примена се пресметува композитот за таа единка, односно референтната DMU. Целта е транслација на неефикасната продукциска единка кон нејзината композитна (референтна) продукциска единка. На пример, на слика 5.6, доколку се претпостави дека имаме DEA модел со  $m$  влезни параметри,  $s$  излезни параметри и пресметуваме композитна продукциска единка  $E'$  за неефикасната продукциска единка  $E$ , во услови кога пресметката на  $\lambda$  тежинските коефициенти ги потенцира  $A$  и  $B$  како ERS претставници за композитот  $E'$ , композитната DMU на  $E$  може да се пресмета како во продолжение (користејќи ги влезните и излезните параметри на ефикасните  $A$  и  $B$ ):

$$\lambda_A \begin{bmatrix} y_{1A} \\ \dots \\ y_{sA} \\ x_{1A} \\ \dots \\ x_{mA} \end{bmatrix} + \lambda_B \begin{bmatrix} y_{1B} \\ \dots \\ y_{sB} \\ x_{1B} \\ \dots \\ x_{mB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{1E'} \\ \dots \\ y_{sE'} \\ x_{1E'} \\ \dots \\ x_{mE'} \end{bmatrix} \quad (5.74)$$

Имајќи ги во рака вредностите на влезните, односно излезните параметри на реалната продукциска единка ( $E$ ) и вредностите на влезните, односно излезните параметри на нејзината композитна единка ( $E'$ ), може да се пристапи кон чекорите за оптимизација, односно да се генерира правец на размислување за промена на влезните / излезните параметри **реална продукциска единка** → **композитна продукциска единка**, со цел оптимизација на така пресметаната релативно неефикасна продукциска единка.

Тежинските коефициенти кои се пресметуваат за секоја продукциска единка се оптимални во множеството кое е предмет на анализа. Имено, моделот преку пресметките што се прават за сите продукциски единки, практично така ги пресметува тежинските коефициенти што преку нивна комбинација се обидува да најде поефикасна продукциска единка (за секоја, а во однос на останатите припадници на множеството). Ако исходот е позитивен, тогаш продукциската единка е „под“ граничникот. Во спротивно, продукциската единка е на граничникот ( $\theta = 1$ ) (Roshdi, Van de Woestyne, Davtalab-Olyaie, 2014).



### 5.2.9. Анализа на осетливост

Анализата на осетливост во однос на DEA е доста изучувано подрачје од науката. Иако постојат повеќе аналитички методи за спроведување на анализа на осетливост, кај сите нив фокусот е во стабилизацијата на класификацијата на продукциските единици на ефикасни и неефикасни (Cooper, Seiford & Zhu, 2011). Затоа, анализата на осетливост уште се нарекува и анализа на стабилност. Најдобри податоци притоа може да се добијат со анализа на однесувањето на продукциските единици во случај на симултана промена на сите влезни и излезни параметри. Притоа, можни се неколку пристапи:

- Бришење или додавање на продукциски единици во множеството на продукциски единици кои се предмет на анализа;
- Зголемување или намалување на бројот на влезни, односно излезни параметри кои се третираат со анализата и
- Симултано или поединечно зголемување, односно намалување на параметрите на поединечни продукциски единици.

### 5.2.10. Категоризација на DEA

Основната категоризација на техниката DEA е во зависност од перцепцијата за насоката на оптимизација, односно дали истото ќе се прави (може да се прави) преку интервенција на влезните, односно излезните параметри на продукциската единица. Во тој контекст, разликуваме влезно ориентиран и излезно ориентиран DEA модел.

- Влезно ориентиран DEA модел, каде правецот на оптимизација е во минимизација (намалување) на вредноста на влезните параметри, за да се постигне одредено ниво на излезните параметри (интервенција на влез) и
- Излезно ориентиран DEA модел, каде правецот на оптимизација е максимизација (зголемување) на вредноста на излезните параметри, при одредено (фиксно) ниво на влезните параметри.

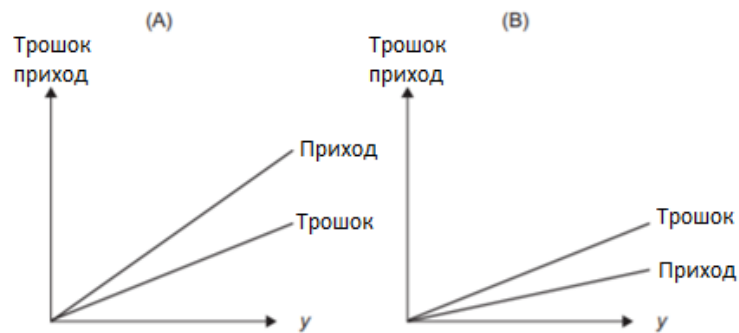
Кај влезно ориентираниот DEA модел на продукциски единици, доколку промената на влезниот параметар кон помала вредност не предизвика зголемување на вредноста на друг влезен параметар или намалување на вредноста на некој од излезните параметри, истата е неефикасна и кај неа е

возможно подобрување, односно оптимизација. Соодветно, кај излезно ориентираниот DEA модел на продукциски единки, доколку промената на излезниот параметар кон поголема вредност не предизвика намалување на вредноста на некој друг излезен параметар или зголемување на вредноста на некој од влезните параметри, истата исто така е неефикасна и кај неа е возможно подобрување, односно оптимизација.

Во економијата, поимот принос на обем (return to scale, RS) претставува показател на долг рок за тоа што се случува со остварениот резултат (приход, принос) во бруто или нето износ, како резултат на промената (иницијално, растот) на нивото на продуктивност, во услови кога институцијата (компанијата) може да ги менува сите влезни нивоа и параметри (може да влијае на нив) и е во контекст на функцијата на производство на институцијата (Elsner, Heinrich & Schwardt, 2015). Со други зборови, RS е термин кој покажува на пропорционалноста на промените на излезот како резултат на пропорционалноста на промената на влезот, односно одредени фактори на влијание. Постојат три типови на RS во контекст на основната модел-функција  $F(x)$ , каде што  $x$  е вектор на влезните параметри (прикажани на слика 5.7. а, б и с):

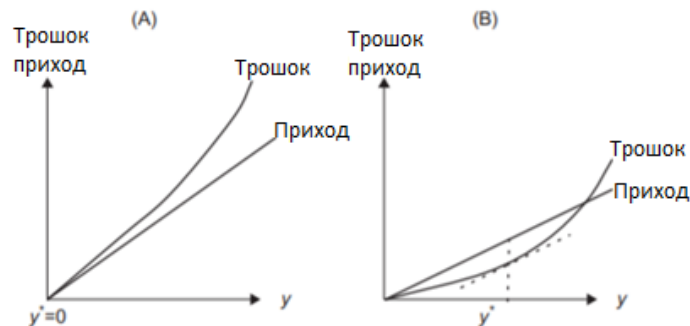
- Растечки принос на обем (increasing return to scale, IRS) – не постои пропорција помеѓу промената на влезните и излезните параметри, во смисла на тоа што излезот расте побргу од влезот (при претпоставка дека е направено зголемување на вредноста на влезните параметри):  $F(cx) > cF(x)$  за  $c > 1$ ;
- Константен принос на обем (constant return to scale, CRS) – во овој модел, постои директна релација (пропорција) помеѓу количината (нивото) на промената на влезните параметри и количината (промената) на излезните параметри (промената/зголемувањето на вложените ресурси за  $c$  пати, исто толку пати го зголемуваат излезниот резултат):  $F(cx) = cF(x)$  и
- Опаѓачки принос на обем (decreasing return to scale, DRS) – не постои пропорција помеѓу промената на влезните и излезните параметри, во смисла на тоа што излезот расте побавно од влезот (при претпоставка

дека е направено зголемување на вредноста на влезните параметри):  $F(cx) < cF(x)$  за  $c > 1$ .



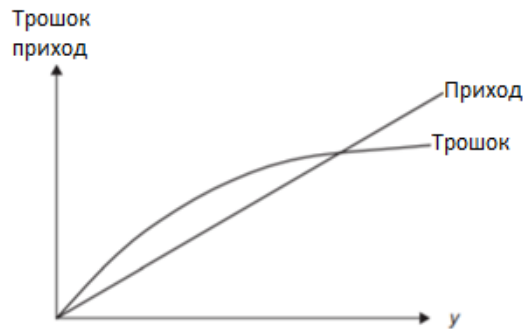
Слика 5.7.а) Пример за трошок и приход за CRS  
Figure 5.7.a) Revenue and cost examples for CRS

Во случајот под 5.7.а) (A), профитот може да се визуелизира како дистанца помеѓу функцијата на приход и функцијата на трошок. Во овој случај, произлегува дека секој влог носи поголем приход и тоа може да оди до бесконечност, односно (максимумот на) дефиницијата на профитната функција не е во склад со реалноста. Кај случајот под (B), произлегува дека најпозитивен резултат е оној во нултата точка (кога субјектот продуцира 0 излез).



Слика 5.7.б) Пример за трошок и приход за DRS  
Figure 5.7.b) Revenue and cost examples for DRS

Во случајот на DRS, кај ситуацијата под (A), функцијата на трошок е конвексна и вредноста на трошокот расте побрзо од растот на приходот. Кај случајот под (B) е прикажана точката на оптимална поставеност на трошоците и приходот, кога дистанцата помеѓу овие две линии е најголема (профитот е најголем).



Слика 5.7.с) Пример за трошок и приход за IRS  
Figure 5.7.c) Revenue and cost examples for IRS

Во случајот на IRS, не постои оптимум. Функцијата на трошок е конкавна и маргиналниот трошок се намалува. Во еден момент, тој се намалува под вредноста на приходот и продолжува да паѓа, што значи дека институцијата може да го зголеми својот профит (ефикасност) со зголемување на продуктивноста.

Овие принципи важат и во поглед на техниката DEA (Pascoe, Kirkley, Greboval & Morrison-Paul, 2003). Имено, токму тие принципи ќе ја дефинираат и формата на енvelopата на DEA. Таа разликува две скалирачки категории: Constant Return to Scale (CRS) и Variable Return to Scale (VRS). Ова последното практично ги интегрира IRS и DRS. VRS генерално значи дека функцијата на продукција може да доживее зголемување, константност и/или намалување од аспект на return to scale принципот. Многу често априори се претпоставува дека најсоодветен ќе биде VRS моделот за примена. (Cooper, Seiford and Tone, 2000) нудат и методи за детерминација на принципот на пропорционалност помеѓу влезот и излезот. Во принцип, истражувачот ја испитува техничката ефикасност во контекст на различните return to scale принципи и утврдува дали податоците се долж граничната енvelopа во контекст на одреден принцип на return to scale (CRS или VRS).

### 5.2.11. Позитивни и негативни страни на DEA

Генералниот пристап на DEA говори за формирање на граница на ефикасност како репер во однос на кој се пресметува релативната ефикасност (перформанси) на продукциските единки. Она што го наметнува пристапот е дека сите продукциски единки **можат** да бидат операбилни на оптимално ниво на ефикасност кое ќе се одреди токму од ефикасните продукциски единки

(Efficiency Reference Set), со транслација на неефикасните продукциски единици на самиот граничник. Така поставената техника и нејзината широка примена во литературата и праксата сепак разликува свои позитивни, но и негативни аспекти (Iqbal & Lemar, 1997; Thanassoulis, E., 2001; Fare, Grosskopf, Kirkley, Squires, 2000; Sexton, 1986).

Силни страни на DEA:

- Моделирањето подразбира третман на модел (субјект) чија функција на продукција може да има повеќе влезни и/или повеќе излезни параметри;
- Влезните и излезните параметри се целосно разнородни, односно нивните мерни единици може да бидат комплетно од различна природа;
- Влезните и излезните параметри се функционално неповрзани помеѓу себе;
- Техниката овозможува мерење на ефикасноста во множество од продукциски единици каде што истите директно се споредуваат помеѓу себе, односно секоја продукциска единица со сите други продукциски единици.
- Позитивна страна на тежинските коефициенти: со оглед на фактот што тежинските коефициенти се ограничени со  $v_i, u_r \geq \varepsilon$  (некоја многу мала вредност поголема од 0), истите овозможуваат секој влез, односно излез да биде земен во предвид. Имено, постои можност ефикасноста на продукциската единица да не биде оптимална и во случај кога вредностите на тежинските коефициенти се поставени на својата оптимална вредност. Ова е аргумент контра позицијата дека можеби тежинските коефициенти се несоодветно доделени.

Слабости на DEA:

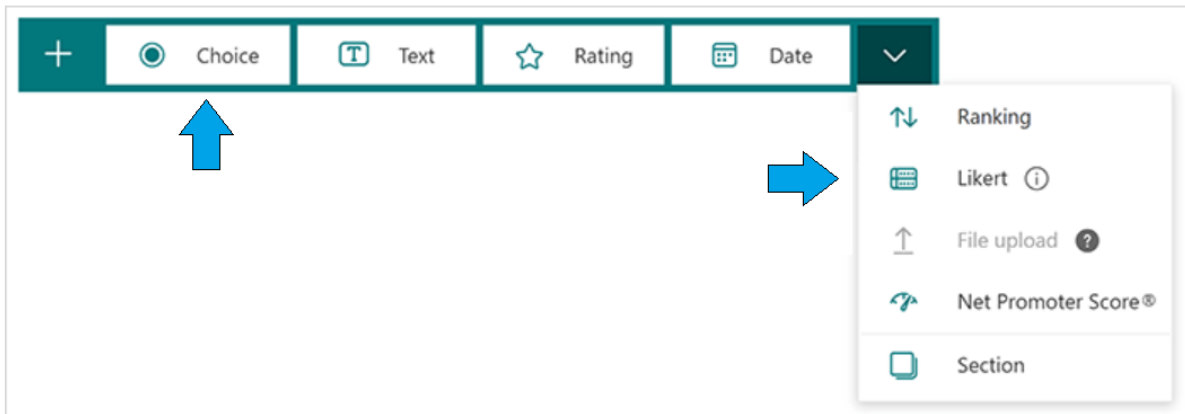
- Секоја продукциска единица изискува решавање на сет / проблем од линеарни равенства, така што ако се претпостави дека работиме на големо множество од DMU со голем број на влезни и излезни параметри, калкулацијата може да биде мошне комплицирана;
- Ефикасноста која се пресметува со DEA за секоја поединечна продукциска единица е релативна, односно истата важи само во

множеството од продукциски единици кое е предмет на анализа и како таква не е блиска до апсолутната ефикасност (или барем близу до неа). Со други зборови, не постои индекс за апсолутна ефикасност на продукциските единици;

- Затоа што техниката не подлежи на прецизна фамилија на параметри или модел-функција, не е возможна примена на статистички методи на тестирање;
- Исходот и поставеноста на скалата на ефикасност зависи од мерењата и утврдените вредности на влезните и излезните параметри. Во тој контекст, секоја направена грешка во утврдувањето на овие вредности значително може да влијае на крајниот распоред на скалата на ефикасност;
- Негативна страна на тежинските коефициент лежи во тоа што во одредени случаи, тие се пресметуваат несоодветно во однос на влијанието кое одредени влезни, односно излезни параметри го имаат врз конкретната продукциска единица и ја поставуваат (во целокупното множество од продукциски единици) под границата на ефикасност.

### **5.3. Техники и решенија за прибирање на податоци**

Во насока на прибирање на податоци неопходни за обработка со предложениот модел, спроведени се електронски анкети со користење на решението на Microsoft Forms. Ова решение нуди едноставен интерфејс и функционалности за користење, преку кои се креираат електронски анкети, со можност за користење / пополнување на истите преку било кој веб пребарувач, на компјутер или на мобилен уред. Дополнително, постои вградена аналитика и природна функционалност за генерирање на прибраните податоци во Microsoft Excel, што е идеално за лесна обработка на истите.



Слика 5.8. Тип на користени прашања во електронски анкети  
 Figure 5.8. Question type used in e-surveys

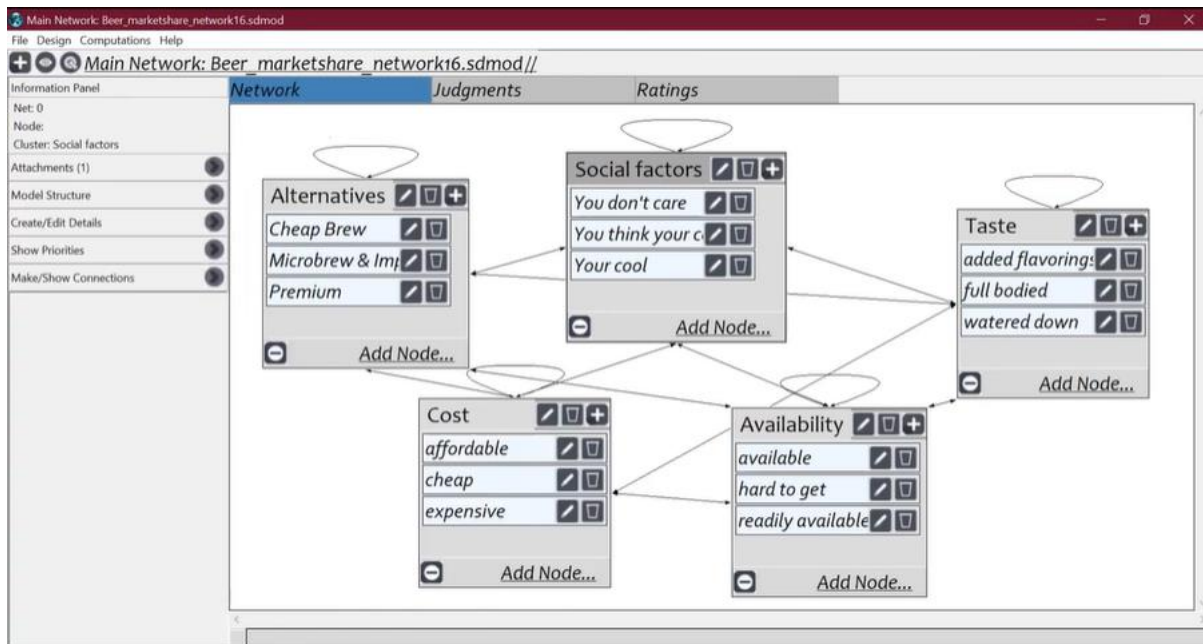
Користена е Likert-ова скала за евалуација на одговорите од страна на таргетираните чинители во процесот, затоа што истата најчесто се користи за мерење на мислењето / однесувањето на испитаниците, при формулација на прашањето во контекст на степен на согласување или несогласување со одредено прашање или изјава (пример, од „Се согласувам целосно“ до „Воопшто не се согласувам“). Ова е доволен чекор кон преминот од квалификација во квантификација на многу важни елементи и параметри кон кои е применет моделот, а што е неопходно за примената на истиот во предложената форма.

#### 5.4. Софтверски решенија/платформи за примена на DEA и АНП

За решавање на двата клучни аспекти на моделот за управување со квалитет, а во насока на примена на техниките АНП и DEA, користени се софтверските решенија наведени во продолжение:

##### 5.4.1. Софтверско решение за АНП

Во контекст на процесирање на податоците преку АНП техниката е користено софтверското решение SuperDecisions, кое може да се преземе од интернет адресата: <https://www.superdecisions.com/>. Решението е отворено за користење и е развиено од тимот на креаторот на АНП методата, Thomas Saaty (моментално под спонзорство на Creative Decisions Foundation). На понудената адреса може да се најдат целосни упатства за инсталацијата и користењето на апликацијата.



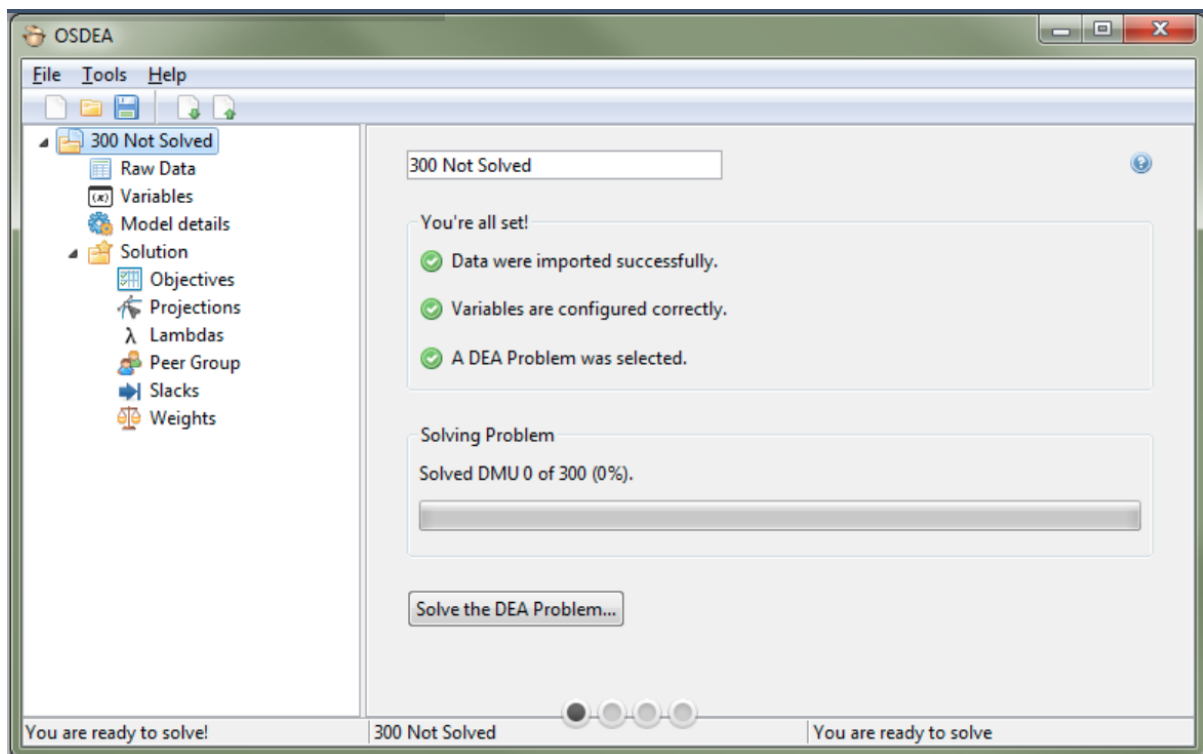
Слика 5.9. Кориснички интерфејс на SuperDecisions v3.2.  
Figure 5.9. User interface of SuperDecisions v3.2.

Решението нуди интуитивен начин на креирање на хиерархискиот модел врз база на претходно поставениот модел од аспект на цел, критериуми, поткритериуми и алтернативи кои се предмет на избор / рангирање.

#### 5.4.2. Софтверско решение за DEA

За примена на DEA техниката, во ова истражување е користен софтверскиот пакет OSDEA (Open Source DEA), кој може да се презема од адресата: [http://www.opensourcedea.org/index.php?title=Open\\_Source\\_DEA](http://www.opensourcedea.org/index.php?title=Open_Source_DEA). На страната постојат целосни упатства за инсталацијата и користењето на апликацијата. Софтверското решение е наменето за истражувачи, студенти, лица кои работат во доменот на операциските истражувања, како и за секој кој има интерес за примена на DEA отворениот код и софтвер.





Слика 5.10. Кориснички интерфејс на OSDEA софтверското решение  
 Figure 5.10. User interface of OSDEA software application

Неколку аспекти се важни во поглед на правилно користење на DEA софтверот во прилог:

- Следење на упатството за инсталација;
- Потреба од инсталиран JAVA пакет на локалниот компјутер;
- Водење на сметка за 32bit/64bit верзија на локалната машина (ако е Windows оперативен систем, како што е случај за ова истражување), и
- Форматирање на фајлот кој ќе се импортира со податоците за продукциските единици согласно упатството, во csv формат.

Интерфејсот на софтверското решение ги генерира сите потребни параметри на техниката кои понатаму може да се користат за графичка математичка визуелизација на проблемот, неопходно за толкување на крајните резултати.

### 5.5. Студентски информационален систем (електронски индекс)

Моделот за управување со квалитет кој е предмет на овој докторски труд е широко применлив. Особено е олеснет пристапот и примената на истиот во институции кои располагаат со сеопфатни бази на податоци, од каде лесно би

можеле истите да се преземат и обработат во форма адекватна за примена на моделот за контрола на квалитет. Во овој докторски труд, моделот е применет на конкретни податоци од Универзитетот „Гоце Делчев“ од Штип како пример показател за можностите кои постојат кога институцијата располага со мошне квалитетна и сеопфатна база на податоци, како што е случајот со овој Универзитет. Централна точка во смисла на софтверските решенија и податочни бази во оваа институција е електронскиот индекс, функционален за сите три циклуси на студии. Во рамките на овој систем, целосно се администрираат голем број на податоци кои директно или индиректно може да се користат во форми и активности за мерење и управување со квалитетот - дел од нив влезени и во законските нормативи за аспектите кои мора да се земат во предвид при испитувањето на квалитетот во високообразовните установи:

- студиски програми со сите карактеристики;
- предмети со сите карактеристики;
- наставен и соработнички кадар во смисла на наставен, педагошки и сеопфатен аспект на испорака на знаењата преку нивна директна заложба во сите сегменти;
- податоци за ангажманот на кадарот од финансиски и суштински карактер;
- факултети, оддели/катедри и модули/насоки;
- студентски досиеја, а понатаму и:
  - семестри;
  - предмети слушани во текот на студирањето;
  - оцени од предиспитни активности и завршни испити;
  - финансиски аспект на студирањето;
  - проодност на студентите и многу други податоци,
- оценки од студентите кон наставниот кадар и
- други податоци,

кои и во овој момент овозможуваат директна анализа и сложени статистички операции.

Универзитет "Гоце Делчев" Штип

Студентска Служба

Студенти

Search for records

View: Active Students

Име Презиме БројНаИндex	Факултет	Оддел/Катедра	Насока/Модул	Начин на студи...	Вкупно кредити	Статус
Име Презиме БројНаИндex	Машински факулт	МФ - Штип	Мехатроника - Штип	Вонреден	0,00	Активен
Име Презиме БројНаИндex	Факултет за тури	Бизнис логистика	Бизнис логистика	Вонреден	132,00	Апсолвент
Име Презиме БројНаИндex	Филолошки факулт	Турски јазик и књи	Турски јазик и книжевност - Штип	Вонреден	0,00	Активен
Име Презиме БројНаИндex	Филолошки факулт	Турски јазик и књи	Турски јазик и книжевност - Штип	Вонреден	0,00	Активен
Име Презиме БројНаИндex	Машински факулт	МФ - Штип	Индустриско инженерство - Штип	Вонреден	0,00	Активен
Име Презиме БројНаИндex	Факултет за обра	Одделенска наста	Одделенска настава - Штип	Вонреден	0,00	Активен
Име Презиме БројНаИндex	Машински факулт	МФ - Штип	Мехатроника - Штип	Вонреден	0,00	Активен
Име Презиме БројНаИндex	Музичка академи	Оддел за теорија	Модул: Музички теоретичар и музичк	Вонреден	0,00	Активен
Име Презиме БројНаИндex	Тест факултет	Тест оддел	Тест насока	Редовен	8,00	Активен
Име Презиме БројНаИндex	Машински факулт	МФ - Штип	Мехатроника - Штип	Вонреден	0,00	Активен
Име Презиме БројНаИндex	Факултет за меду	Дентална медици	Дентална медицина	Редовен	0,00	Активен
Име Презиме БројНаИндex	Факултет за меду	Општа медицина	Општа медицина	Редовен	338,00	Апсолвент
Име Презиме БројНаИндex	Воена академија	Управување со р	Род Пеналитија	Вонреден	195,00	Активен
Име Презиме БројНаИндex	Филолошки факулт	Германски јазик и	Германски јазик и книжевност - Штип	Вонреден	24,00	Активен
Име Презиме БројНаИндex	Факултет за меду	Општа медицина	Општа медицина	Редовен	218,00	Активен
Име Презиме БројНаИндex	Филолошки факулт	Турски јазик и књи	Турски јазик и книжевност - Штип	Вонреден	86,00	Активен

Слика 5.11. Студентски информациона систем на УГД / електронски индекс

Figure 5.11. Student information system, Goce Delcev University / e-index

Големината на системот во смисла на количината на податоци со кои истиот располага е прикажан во продолжение:

Табела 5.8. Обем на податоци на електронски индекс на Универзитет „Гоце Делчев“ од Штип (Мај, 2021)

Table 5.8. Data size, student information system at GDU (May, 2021)

Тип на запис	Број на записи
Број на студенти на прв циклус на студии	39689
Број на студенти на втор циклус на студии	2377
Број на студенти на трет циклус на студии	170
Вкупно	42236
Вкупен број на наставници (професори) некогаш вработени на УГД	354
Вкупен број на наставници (професор) некогаш хонорарно ангажирани на УГД	437
<b>Податоци за прв циклус на студии</b>	
Вкупен број на записи за семестрални активности	320059
Вкупен број на записи за креирани оценки од предиспитни активности	2905124
Вкупен број на записи за креирани пријави за испит	1110530
Вкупен број на записи за различни насоки / суштински различни и целосни студиски програми	475
Вкупен број на записи за предмети / курикулуми од студиски програми (насоки + генерации)	178029
<b>Вкупен број на записи за оценки од студенти кон наставен и соработнички кадар (електронска самоевалуација) – Јули 2021</b>	<b>65522</b>
<b>Вкупен број на текстуални коментари од студенти кон наставен и соработнички кадар (електронска самоевалуација) – Јули 2021</b>	<b>4760</b>

## 6. ТЕРЕНСКО ИСТРАЖУВАЊЕ И ПРИМЕНА НА МОДЕЛОТ ЗА ЕВАЛУАЦИЈА НА КВАЛИТЕТ

Евалуацијата на универзитетите и генерално на високото образование, како поим е присутна многу декади наназад (DuBois & Garson, 1970, Theofilidis, 1989). Како научен пристап се развива од почетокот на 1960-тите години, првенствено во САД и Велика Британија (Worthen & Sanders, 1987) и од самиот почеток се одликува со широчината на аспектите и областите кои ги засега. Евалуацијата често е во допир со термините како мерење и оценување (Prakash & Dhivyadeera, 2016), иако секој од трите термини има засебно значење и улога во правецот на управување и контрола со квалитет.

**Мерењето** претставува извршување на конкретни мерки што резултира со доделување на квантитативно значење на квалитетот, односно доделување на нумерички квалификации на објектите или настаните. Мерењето како активност застанува со доделувањето на квантитативниот аспект на објектите/настаните и не се занимава со вредносни толкувања на истите. Во едукативни рамки на пример, мерењето е утврдување на нивото на знаење (пример, студентот освоил 80 од 100 поени на завршен испит), без толкување на истото.

**Оценувањето** е активност за утврдување на фактичка состојба на услови кои постојат во одреден временски момент. Оценувањето најчесто вклучува мерење како постапка за прибирање на податоци и се занимава со организација на така добиените податоци во форма соодветна за интерпретација (пример, оценување на освоените поени на студентот од завршниот испит според некоја референтна вредност / добивање на оценка). Како активност, не се занимава со толкување на базичните причини за начинот на квалификација и не пропагира препораки за понатамошни активности. Оценувањето може да се прави преку тестирања, прашалници, набљудување и други механизми.

**Евалуацијата** практично додава вредност на оценувањето. Како интегрална компонента на мерењето и оценувањето, генерира вредност преку давање на суд за ефективност/ефикасноста, корисноста или посакуваноста на продукт, процес или прогрес, според претходно дефинирани и усогласени цели и вредности. Дополнително, евалуацијата вклучува и препораки за конструктивни чекори. Со тоа, евалуацијата како процес претставува

квалитативно мерење во насока на утврдување на ефикасност, односно соодветност на субјектот кој е предмет на анализа.

Евалуацијата може да се применува во сите нивоа на образование, со тоа што се смета дека примената е најважна токму во контекст на високото образование. Исто така, аспектите во контекст на кои може да се применува се бројни: образовни системи, универзитети, факултети, насоки, студиски програми, академски кадар, административен кадар итн.

Во овој докторски труд, моделот за евалуација на квалитет е изграден врз два клучни аспекти на студиската програма како носечки столб на генерирање на образован кадар, како резултат на обемното истражување и преглед на литературата направено во текот на изработката на истиот, меѓутоа и како резултат на домашната и европска легислатива:

- Суштинскиот / содржински аспект, во смисла на содржината на материјата и релацијата на истата со реалните потреби на пазарот на труд, каде идниот кадар ќе бара вработување (што се испорачува), и
- Наставно-педагошкиот, односно методолошкиот аспект, во смисла на елементите и карактеристиките на процесот на испорака на предвидената содржина во текот на студирањето - кои наставни и образовни техники и методи се користат, а од страна на ангажираниот наставен и соработнички кадар (како се испорачува).

Сметам дека со создавањето на сеопфатен модел за евалуација на квалитетот на студиските програми, односно кадарот кој ги покрива истите, преку земање во предвид на множество од важни параметри и аспекти и со тоа - генерирање на конечен извештај за статусот на истите, одговорот на прашањето „Што е потребно да се промени во насока на зголемување на квалитетот?“ ќе биде многу полесен за секоја институција која ќе го применува истиот.

### **6.1. Евалуација на студиски програми**

На сите универзитетски кампуси денес, соодветните администратори и членови на факултетската, односно универзитетската заедница мораат да ги евалуираат своите програми и да одговорат на прашањата во однос на ефикасноста и развојот на истите (Steele, 1999). Принципите, оценувањето и резултатите од евалуацијата е потребно да резултираат со донесување на

одлуки и подобрување. Иако често се соочува со бариери во смисла на факултетите и кампусите кои постојат во универзитетот, сепак евалуацијата претставува единствен начин за обезбедување на податоци за моменталната состојба и основа за тие чекори и одлуки за подобрување. Постои голема дебата во образовната сфера во однос на разликата меѓу формативната и сумативната евалуација. Формативната евалуација се реализира во текот на спроведувањето на студиската програма, без конечно оценување на студентот. За разлика од неа, сумативната евалуација се користи за евалуирање на студиските програми на крајот од студиската програма, односно на крајот од временската рамка одредена за нејзино спроведување (на пример, на крајот од студирањето на една генерација). Праксата покажала дека доволно добри резултати дава реализацијата на сумативна евалуација и во текот на студирањето, што има свои примени и во рамките на овој докторски труд, со оглед на податоците кои се земени од студенти кои сè уште студирале на студиските програми кои се предмет на евалуација.

Според литературата, постојат многу параметри според кои може да се дефинира квалитетот на една студиска програма и кои може да бидат земени во предвид во градењето на модел за евалуација на квалитет во високото образование. Во продолжение се дадени неколку аспекти кои практично се конвергенција (секој од нив) на други параметри кои го дефинираат квалитетот на една студиска програма:

- Исходите од учењето се еден од најважните сегменти кои го дефинираат предвидениот излезен резултат од студиската програма. Преточени во дефиницијата на знаења, умеања, вештини и компетенции со кои е потребно да се стекнат студентите со завршувањето на студиите, исходите од учењето со својот карактер и ниво природно претставуваат симбиоза на сите ресурси кои се вложени во нивната реализација;
- Потребите на пазарот на трудот ја обликуваат студиската програма и ова е правило во сите развиени држави со современи образовни системи. Побарувањата на индустријата и социо-економските прилики на една држава, стратегијата за развој и демографските промени даваат свое многу значајно влијание во содржината на предметите кои

се изучуваат во рамките на студиските програми, а соодветно на тоа и кадарот кој е ангажиран на истите;

- Демографските, економските, социјалните и индустриските прилики на општественото живеење, стратешките определби и планирања на државата на макро и микро економски план е потребно да бидат водич во процесот на создавање, одобрување и евалуација на студиските програми;
- Ресурсите во секоја смисла – материјални, просторни, финансиски и човечки, како и нивните квалитативни компоненти кои како инвестиција го дефинираат крајниот резултат – образован кадар.

Начинот на кој ќе се земат во предвид оние параметри кои не се лесно мерливи (од квалитативна природа) зависи од пристапот и моќноста на моделот/техниката која ќе се употреби за евалуација на нивното влијание во квалитетот. Токму во тој контекст е и едно од главните прашања кои се поставуваат во оваа насока – кои се расположливите ресурси во смисла на алатки, техники и искуство во однос на тоа како ќе се спроведе евалуацијата и како прашање знае да носи огромен товар. Моделот кој е предложен во рамките на овој труд дава одговор на ова прашање, во смисла на интеграција на потребните параметри на соодветен начин за генерирање на севкупен извештај за квалитет.

### **6.1.1. World Reference Level – алатка за преведување на исходите од учењето**

Студиските програми, во својата суштинска форма мора да одговараат на социо-економските услови во кои егзистираат и да бидат во склад со потребите на пазарот на труд. Во тој правец се наметува уште едно квалитативно важно прашање во делот на студиските програми, односно нивната суштинска форма, а тоа е можноста за миграција на стекнатите знаења, вештини и компетенции, односно миграција на исходите од учење во национална и интернационална смисла. Иако тенденцијата на развојот на високообразовните системи е конвергенција во смисла на карактерот на исходите од учење на различни студиски програми, меѓутоа и на стекнатите квалификации генерално, со што миграцијата би била максимално олеснета, сепак тоа е комплексен и долг

процес. За да се олесни овој процес, UNESCO во соработка со експерти е во напредна фаза на развивање на систем за преведување на исходите од учење во интернационално препознатлива форма, наречен World Reference Level – WRL (World Reference Level, UNESCO 2021). Ова е одговор на глобалните трендови кои говорат за зголемена миграција, глобализација на пазарот на труд, интернационализација на образованието и постојаниот и брз пораст на достапноста на различни квалификации. Развојот на оваа алатка е согласно консензуалните препораки и меѓународни насоки за обезбедување на квалитет, според кои признавањето на квалификациите мора да биде базирано на исходите од учење. Истата може да се користи од различни типови на авторитети, институции, работодавачи или индивидуалци. WRL има неколку карактеристики на чие развивање постојано се работи:

- Заеднички јазик на опис на исходите/квалификациите. Ова значи дека се користи терминологија која е лесно разбирлива во различните земји;
- Сеопфатност во смисла на опис на множеството на дескриптори на квалификацијата, односно исходи од учење на различни нивоа;
- Алатката и терминологијата се изградени врз база на фактичката состојба, професионални гледишта и придружен доказен материјал;
- Произведува униформен извештај кој нема да има потреба од дополнителни промени во регионално, национално и интернационално ниво.

Алатката ги комбинира податоците од една студиска програма во смисла на исходи од учење (општи и специфични дескриптори) со соодветен систем на градација, односно нивоа на постигнување кои се специфични за секоја земја (систем). Таа се состои од три елементи:

- 11 елементи на способност / компетенција:
  - Одговорности (Accountabilities):
    - Активности;
    - Одговорности;
    - Работа со други;
  - Капацитет (Capacities):
    - Вештини и процедури;
    - Комуникација;



- Податоци;
- Знаење и разбирање;
- Непредвидени ситуации (Contingencies):
  - Контекст;
  - Проблеми и прашања;
  - Вредности.
- 8 нивоа на прогресија (A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1, D2) и
- 51 индикатори на прогресија.

Елементите на WRL се дефинирани преку хиерархиски множества од искази кои покажуваат што индивидуата ќе може да прави на различни нивоа на развој или побарувања. Тие искази се напишани во форма на исходи од учење и ја отсликуваат природата на напредокот помеѓу секоја фаза. Елементите се опишани во 8 нивоа на прогресија (A1 – најниско, D2 – највисоко) во смисла на личен, академски и професионален развој. Корисникот одговара на множество од прашања, во однос на секој од поединечните елементи, да одлучи за нивото кое најдобро го отсликува излезот (исходот) од квалификацијата, студиската програма или побарувањата за работа. При користење на алатката, за секој од елементите, корисникот одговара на соодветни прашања кои на крајот ќе го генерираат нивото за тој елемент. Излезниот резултат е во форма на WRL извештај, каде за секој од елементите се прикажува постигнатото ниво (претходно дефинирано од работните тела на UNESCO). За прецизно опишување на нивото на секој од елементите, се користи множеството од 51 индикатор за прогресија (примери: планира, управува, евалуира, стратегија, комплексни прашања, води / лидер) итн.

Во рамките на истражувањата кои се правени во правец на широка рамка за евалуација на квалитет во високото образование, применета е оваа алатка на конкретна студиска програма – Бизнис економија, Економски факултет, Универзитет „Гоце Делчев“- Штип (2020), прв циклус на студии, со која кандидатите е предвидено да се стекнат со стручен назив *Дипломиран економист во областа на бизнис економија VI A (HPK)*. Земен е во предвид елаборатот за акредитација на студиската програма и дополнителни материјали како основа за користење на алатката. Целокупниот процес е правен во комуникација со релевантни претставници на наставниот кадар на оваа студиска

програма, кои на крајот дадоа и оценка за крајниот извештај, односно колку тој ја отсликува состојбата со исходите од учење на оваа студиска програма. Следните три (од вкупно 11) елементи беа предмет на превод:

- Одговорности (Accountabilities):
  - Активности;
- Капацитет (Capacities):
  - Комуникација;
- Непредвидени ситуации (Contingencies):
  - Проблеми и прашања.

За секој елемент се одговорени посебни серии на прашања кои се од типот повеќекратен избор. Резултатите од евалуацијата на студиската програма се прикажани во поглавјето 7.1. во рамките на глава 7. Резултати и дискусија.

## **6.2. Евалуација на наставно-научен кадар**

Задоволството на студентите од наставата, наставниците и образовниот процес е еден од главните критериуми во рангирањето на универзитетите денес (Douglas, Douglas & Barnes, 2006, Gruber, Fuß, Voss & Gläser-Zikuda, Michaela, 2010). Впрочем, во одредена форма истото е неизоставен дел и од процесите на (само)евалуација на Универзитетите во нашата држава. Најчесто, за прибирање на податоци од студентите се користат соодветни студентски прашалници за евалуација (Students' Evaluation for Teachers или SET), во кои се испитува перцепцијата на студентите за различните аспекти на студирањето, студиските програми и/или наставниот кадар во смисла на нивниот придонес во процесот на испорака на предвидените содржини. Последното е особено важно во насока на евалуација и подобрување на перформансите на одредени наставници/професори. Дополнително, ако овие резултати се комбинираат со други податоци и/или со мислење на експерти, лесно може да се користат за креирање на стратегии на универзитетот (или пошироко) за подобрување на искуството на студентите. Основната цел на евалуацијата на перформансите на наставно-истражувачкиот кадар е развој и зголемување на професионализмот кај секој наставник индивидуално, да се охрабрат во процесот на вложување во себе во насока на нивно подобрување, како и да се зголеми нивото на резултати кои ги постигнуваат (Chen, 2015).

Евалуацијата на наставниците во главно се заснова на три димензии:

- Наставно-педагошка дејност – се користат студентски евалуациски прашалници (SET) за прибирање на податоци за содржината и испораката на материјалот предвиден во курсот/предметот, кон студентите или пак кон самите наставници (self-evaluation);
- Научно-истражувачка дејност – комбинација од перцепцијата и квантитативни показатели во делот на број на публикации, односно издадени научни трудови, ранкингот или импакт факторот на списанието каде е издаден трудот, број на учества и презентации на конференции, број на издадени учебници итн. и
- Општествено-социјална дејност – показател кој ќе дава слика за пошироката дејност на наставникот во општеството во кое живее.

Критериумите според кои се прави евалуацијата мора да произлегуваат од една од овие димензии (Crumbley & Reichelt, 2009).

Евалуацијата на наставникот практично произлегува од утврдувањето на критериумите според кои таа ќе се прави. Бројот на тие критериуми кои се од квалитативна природа е многу голем и обработен во голем број на студии и истражувања. Притоа, особено е важно во утврдувањето на одлучувачките критериуми да бидат вклучени студентите, односно нивната перцепција, како директни конзументи на испорачаните знаења, вештини и компетенци од наставниот кадар. Освен важноста на критериумите во контекст на евалуацијата на квалитетот на наставникот (неговите перформанси), многу важен момент е и објективното оценување на нивото на севкупните перформанси, односно индикатори кои се својствени за наставникот. Така поставениот систем на критериуми и перформанси практично природно овозможува и поставување на таргет нивоа за кои ќе се очекува да бидат исполнети од страна на наставникот. Предизвикот кој е решен со овој модел е токму комплексната квалитативна природа на критериумите според кои го оценуваме квалитетот на наставниците и нејзината квантификација.

### **6.3. Евалуациски прашалници**

Прашалниците за евалуација на студиските програми, односно наставниците се најчесто користена техника за прибирање на податоци и во

моменталните мошне слабо развиени модели и пристапи за евалуација (SET во случај кога студентите се таргет група на прашалникот, Crumbley, 2001). Прашања кои прашалниците ги одговараат, а кои сè уште се предмет на дебата се обемот и критериумите (факторите, параметрите) кои ќе бидат вклучени во истите, како и објективноста на оценувањето на крајниот евалуатор - студент, наставник, пазар на труд итн. Дебатата во принцип се однесува на нивото на корелација помеѓу ефикасноста на наставната (педагошката) компонента (аспект) на програмата, односно студиската програма и совладувањето на студиската програма/курсот од страна на студентот, потенцијалната пристрасност и други позадински фактори (De Witte & Rogge, 2011). Токму поради многуте критериуми кои може/треба да се земат во предвид, неопходно е истите прецизно да се изберат и дефинираат, во насока на прецизно утврдување на структурата на прашалниците. Во табелата во продолжение се наведени фактори кои може да влијаат на крајниот резултат на прашалникот во контекст на студентите како таргет група (SET) (Crumbley & Fliedner, 2002).

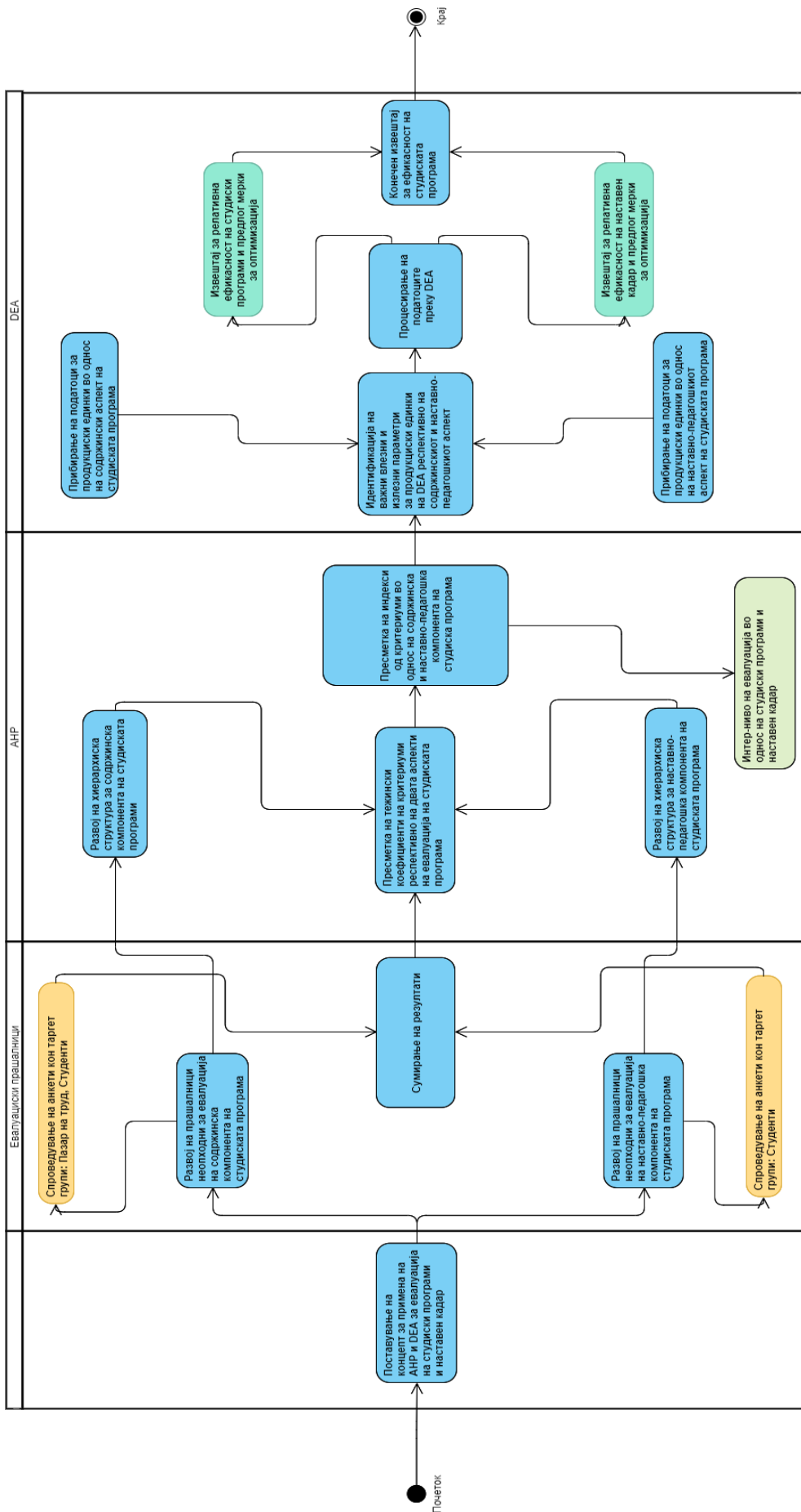
Табела 6.1. Влијателни фактори врз SET резултати  
Table 6.1. Influence factors over SET results

Од аспект на студент	Пол, возраст, студиска година, должина на студирање, просек на оценки (успешност на студентот), очекувања за крајни исходи, ниво на студии, посебни релации со наставникот
Од аспект на наставник	Пол, возраст, индекс на истражување, индекс на наставна дејност, индекс на педагошка дејност, рангирање во и вон Универзитетот
Суштински и материјално-технички услови	Изборен или задолжителен предмет, тежина на предметот, група на студенти запишани на предметот, оптеретеност со работа и задачи по предметот, распоред
Други фактори	Намена на евалуацијата, присутност на наставникот за време на евалуацијата, период од студиската година, формат и тежина на прашалникот

#### **6.4. Синтеза на содржински (суштински) и наставно-педагошки (методолошки) аспект на студиска програма во контекст на моделот за евалуација на квалитет**

Во рамките на овој докторски труд е направена синтеза на двете техники АНР и DEA во контекст на евалуацијата на студиските програми. Преку интеграција на овие две техники на уникатен начин со евалуациските прашалници и другите потребни параметри кои се сметаат за клучни фактори кои го определуваат квалитетот во високото образование, изграден е единствен сеопфатен модел за испитување и контрола на квалитет на:

- Суштинската, односно содржинската страна на студиски програми (што се изучува/испорачува како знаење) и
- Наставно-педагошка (методолошката) страна на студиски програми (како се испорачува предвиденото знаење).



Слика 6.1. Фазен дијаграм на систем за евалуација на квалитет на студиска програма  
 Figure 6.1. Phase diagram of study program quality evaluation system

Фазниот дијаграм на системот за евалуација на квалитет е даден на слика 6.3. Во однос на истиот се идентификуваат четири фази на активности и чекори:

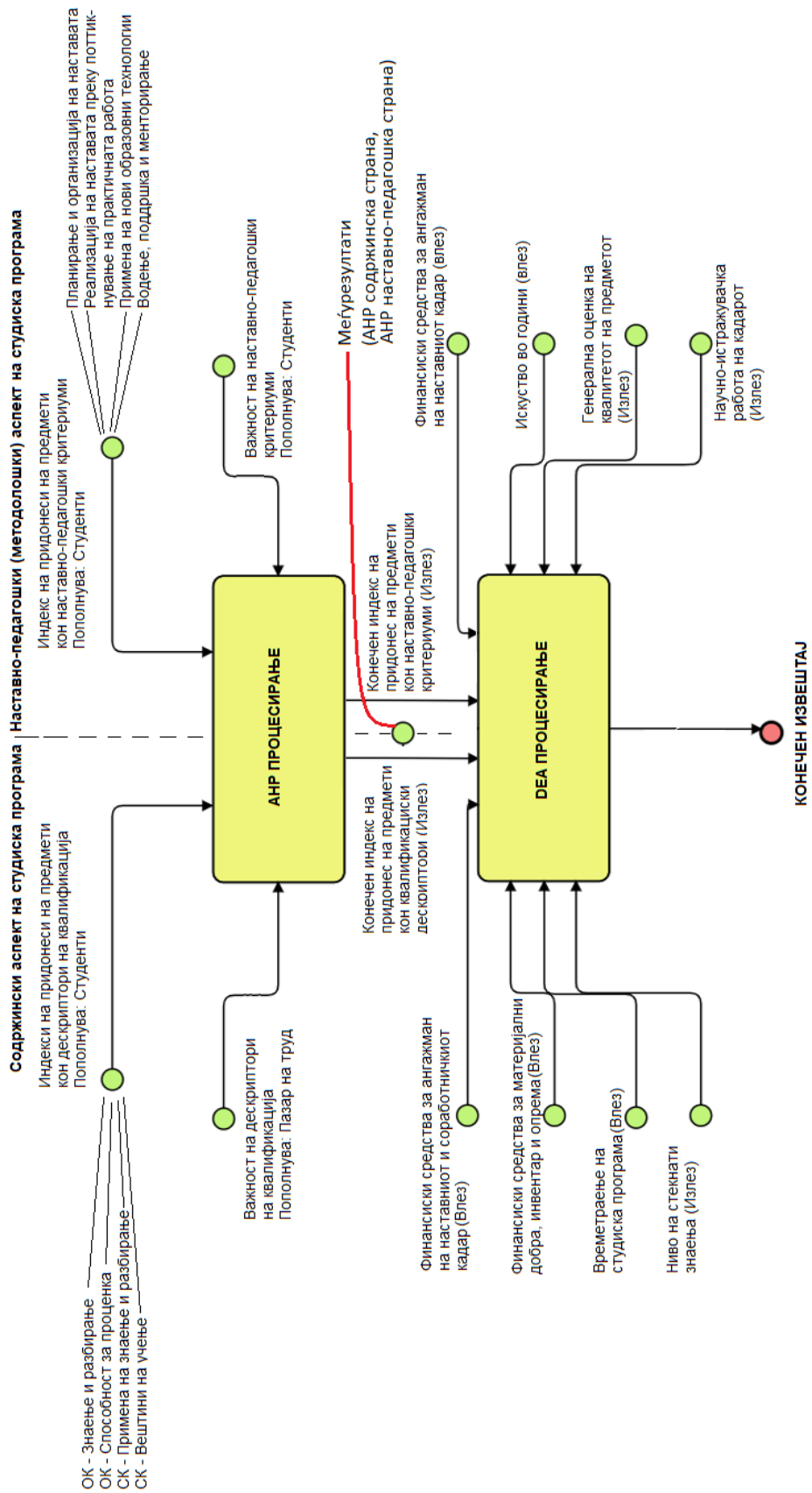
1. **Прва фаза: Концепт.** Во оваа фаза се реализира градењето на перцепцијата и основниот концепт за евалуацискиот модел, определбата на критериумите и параметрите кои ќе бидат земени во предвид во процесот на евалуација, што е неопходно за понатамошното креирање на евалуациски прашалници, методот на квантификација на квалитативните критериуми и параметри за кои не е така лесно да се измери нумеричка вредност, како и градењето на АНР хиерархијата и структурата на ДЕА продукциските единици. Во овој мултидисциплинарен процес е потребно да се вклучат сите релевантни инстанци и засегнати страни во процесот: управата на универзитетот (или делови од образовниот систем и процеси), наставен кадар, студенти, администрација, пазар на труд итн.
2. **Втора фаза: Евалуациски прашалници.** Врз основа на поставениот концепт во прва фаза и идентификуваните важни критериуми и параметри, во втората фаза се развива структурата на евалуациските прашалници, во смисла на суштинската и наставната (педагошката) страна на студиските програми, преку кои ќе се соберат важни повратни информации од таргет групите кон кои се насочени прашалниците:
  - a. За суштинската / содржинската страна: пазарот на труд и студентите и
  - b. За наставно-педагошката (методолошката) страна: студентите.Во рамките на оваа фаза се спроведуваат прашалниците, со што резултатите од истите се обработуваат во однос на параметрите/критериумите и може да се увидат првични многу важни резултати во однос на поставените прашања за секој критериум.
3. **Трета фаза: Примена на Analytic Hierarchy Process.** Во рамките на оваа фаза, а во корелација со структурата на прашалниците од фаза 2 се развива АНР хиерархијата во однос на критериумите кои претходно биле утврдени како клучни во процесот на евалуацијата. Во рамките на оваа фаза се конструираат и матриците на споредби во однос на критериумите на сите нивоа. Со ова, АНР се користи за трансформација на преференците на крајните евалуатори снимени преку евалуациските прашалници соодветно на содржинската компонента (пазарот на труд,

студентите), односно наставно-педагошката (методолошката) компонента (студентите) во квантифицирана информација, која понатаму претставува количество ефикасност во однос на моделот на DEA во наредната фаза. На крајот на фазата се прави сумирање на резултатите од евалуациските прашалници и тежинските коефициентите на критериумите соодветно важни за двете компоненти кои се евалуираат, во насока на генерирање на параметри важни (за процесирање) за DEA (излезни параметри на продукциската единица согласно избраниот DEA модел). Во овој контекст, освен за утврдување на важноста на критериумите според кои се прави евалуацијата на двата аспекти на студиската програма, уште се користи и за да го улови ефектот на факторите кои влијаат на крајниот исход на резултатите од прашалниците. Излезот од АНР во комбинација со други важни параметри ја градат сликата за севкупната квалитативна поставеност.

4. **Четврта фаза: Примена на Data Envelopment Analysis.** Конекцијата на DEA со АНР е направена со поврзувањето на излезните резултати на АНР фазата со утврдувањето на параметрите (излезни) важни за продукциските единици идентификувани со DEA. Дополнително, во рамките на оваа фаза се идентификуваат и прибираат податоци и за останатите влезни и излезни параметри за продукциските единици соодветно на студиските програми, односно наставниот кадар. Имајќи ги вака поставените податоци, процесирањето на истите преку DEA ќе ги генерира излезните резултати на конечно ниво во смисла на релативна ефикасност на перформансите на студиските програми претставени преку предметите (курикулумите), во нивната содржинска и наставно-педагошка (методолошка) страна. На крајот, овие два аспекти на евалуирање се интегрираат во една, под претпоставка на иста значност, со што се генерираат конечни излезни резултати (извештај) кои потоа ќе се користат за анализа и идентификација на предметите кои испорачуваат најдобри резултати, а согласно на тоа и поставување на таргети за оптимизација.

Врз база на шематскиот дијаграм во кој фазно се прикажани активностите на моделот, во продолжение е даден деталниот преглед на моделот за евалуација на студиската програма со сите негови составни параметри и компоненти:





Слика 6.2. Детална шема на систем за евалуација на квалитет на студиска програма  
 Figure 6.2. Detailed scheme of study program quality evaluation system

Притоа, во продолжение е објаснета примената на дел, односно целиот модел на конкретни студиски програми.

## 6.5. Примена на моделот со реални податоци

Моделот за евалуација на квалитет е применет на две студиски програми, делумно или во целост:

- Високообразовна институција: Универзитет „Гоце Делчев“ од Штип;

Студиска програма 1:

- Факултет: Филолошки факултет;
- Насока: Турски јазик и книжевност (наставна насока, преведувачи и толкувачи) или ТЈК;
- Генерација на студенти: 2013/2014 – 2017/2018;
- Вкупно запишани студенти во наведената насока и генерација: 79;
- Број на студенти кои апсолвирале и/или дипломирале до моментот на евалуација на студиската програма: 41 и
- Примена на модел: Делумна / наставно-педагошка (методолошка) компонента / процесирање со АНР.

Студиска програма 2:

- Факултет: Факултет за информатика;
- Насока: Компјутерско инженерство и технологии – Штип (Кавадарци) или КИТ;
- Генерација на студенти: 2017/2018;
- Вкупно запишани студенти во наведената насока и генерација: 47 (7), односно вкупно 54 студенти;
- Број на студенти кои запишале 4-та студиска година во учебната 2020/2021 година и станале апсолвенти: 62, од кои 23 се од генерација 2017/2018) и
- Примена на модел: Целосна.

Во насока на прибирање на поголем број на податоци во смисла на евалуациските прашалници во однос на факултетот за информатика, поаѓајќи од фактот што и на насоката / студиската програма по Компјутерски науки, наставата во голем дел е сочинета од исти предмети / наставен кадар (евалуацијата се однесува само за предметите и наставниците кои се поклопуваат), дополнително е направена сондажа и кај студентите кои студирале на насока Компјутерски науки – Штип (Кавадарци), од генерацијата 2017/2018, на која се запишани 25 (1) студенти, односно вкупно 26 запишани

студенти. Од истите причини е направена сондажа и на генерацијата на студенти од 2018/2019 – 76 (13) запишани студенти на Компјутерско инженерство и технологии – Штип (Кавадарци), од кои 38 (1) слушале трета студиска година во учебната 2020/2021 година, односно минимум 75% од предметите кои се предвидени со студиската програма) од причина што кај овие студенти се најсвежи сеќавањата за перформансите кои истите ги оценуваат во соодветните евалуациски прашалници. Реализирано е пополнување и прибирање на вкупно 81 електронски анкетни обрасци со тоа што на ниво на предмет е внимавано минималниот број на студенти кои правеле евалуација да не биде помал од 15 (18 во реалноста), што се смета за соодветен репрезентативен примерок во контекст на истражувањето, а воедно е во контекст на фактот дека евалуацијата вклучува исклучиво предмети кои биле слушани од репрезентативен (голем) број на студенти. Во пресметките **не се** земени во предвид презапишани предмети од претходните генерации на студенти кои не постојат во студиските програми од учебна 2017/2018 година, од причина што во учебна 2017/2018 година во функција влегоа новоакредитирани студиски програми на ниво на Универзитетот.

Во поглед на студиската програма Турски јазик и книжевност од Филолошкиот факултет, реализирано е пополнување и прибирање на вкупно 35 електронски анкетни обрасци, со минимален број на студенти на ниво на предмет во анкета кој не е помал од 15, со што повторно е задоволен условот дека релевантен број на студенти дале свој придонес на ниво на евалуација на поединечните предмети. Во овој случај, испитувани се предмети кои се среќаваат во сите генерации кои се предмет на евалуација, сметајќи дека истите се носечка компонента на студиската програма, независно од тоа дали во периодот формално се акредитирала нова студиска програма. Ова е правено во директна комуникација со претставници од оваа катедра.

Во однос на евалуацијата која е правена на факултетот за информатика, прашалникот кој е насочен кон пазарот на труд (Прашалник 1 во наредното поглавје) ги таргетираше компаниите / претставници од ИТ секторот во државата, каде практично тежнеат да се вработат дипломираните студенти и кои најсоодветно можат да направат евалуација на важноста на исходите (резултатите) од учење во однос на студиската програма, односно знаењата, вештините и компетенциите кои е предвидено да се генерираат преку

спроведувањето на истата. Тие исходи од учење е потребно да произлезат од спрегата помеѓу високообразовните процеси и реалниот сектор, односно преку идентификација на потребите на пазарот на труд, а во однос на студиската програма. Токму затоа во рамките на ова истражување е направено директно вклучување на ИТ секторот во проценката на приоритетот и реалната потреба на квалификациите кои се генерираат преку студиската програма. Преку анализа и споредба на официјалните елаборати за акредитација на студиските програми по Компјутерско инженерство и технологии и Компјутерски науки е утврдено дека исходите од учење, односно дескрипторите на квалификацијата се групирани во две групи:

- Општи дескриптори на квалификација за I циклус на студии на факултет за информатика согласно со Уредбата за Национална рамка на квалификации, Сл. весник на Р. Македонија бр. 154/10) и
- Специфични дескриптори на квалификација.

Во општи дескриптори спаѓаат основните вештини и знаења кои студентот е предвидено да ги добие со завршувањето на студиската програма и истите како независна индивидуа ќе ги владее и применува во професионалниот развој. Од друга страна, во рамките на специфичните дескриптори спаѓаат конкретизирани вештини и компетенции кои ќе ги стекнат студентите, а во корелација со содржината и наставната материја на предметите во рамките на студиската програма. Во продолжение е табеларниот преглед од направената анализа во однос на сите генерации на насоките Компјутерско инженерство и технологии и Компјутерски науки. Во контекст на ова истражување, направен е избор на следните дескриптори на квалификацијата за кои е направено соодветното анкетирање:

- Општ дескриптор – знаење и разбирање;
- Општ дескриптор – способност за проценка;
- Специфичен дескриптор – примена на знаењето и разбирањето и
- Специфичен дескриптор – вештини на учење.

Табела 6.2. Општи и специфични дескриптори на квалификацијата  
Table 6.2. General and specific qualification's descriptors

Тип на дескриптор	Општи дескриптори на квалификации	Специфични дескриптори на квалификации - Компјутерски науки	Специфични дескриптори на квалификации - Компјутерско инженерство и технологии
Знаење и разбирање	Изразуваат знаење и разбирање за информациско комуникациските технологии, концептите на програмските јазици и алгоритмите, базите на податоци, компјутерските архитектури, компјутерските мрежи и оперативните системи. • Показуваат разбирање за користење на знаењето за концептите од општо образовните предмети, како математика, електротехника, електроника и други во студирањето. • Изразуваат способност за споредбена и критичка анализа на софтверски и хардверски решенија според различни критериуми, како перформанси, комплехност, коректност и безбедност. • Способни се за проширување на знаењето во стручни и научни области од информатиката.	Изразуваат знаење и разбирање за клучните факти, концепти, принципи и теории кои се однесуваат на компјутерските науки и софтверски апликации. • Способни се за моделирање и дизајн на компјутерски базирани системи со критичка процена и тестирање на различни решенија. • Идентификуваат и анализираат критериуми за перформанси, комплехност, коректност и безбедност за специфични проблеми и планираат стратегии за нивно решавање. • Способни се за примена на соодветна теорија, практики и алатки за спецификација, дизајн, имплементација, одржување и евалуација на софтверски решенија.	Изразуваат знаење и разбирање за концептите на компјутерските системи, дизајнот на хардверот и софтверот на системите и процесите за конструирање или анализирање на системите. • Способни се за моделирање и дизајн на хардверски и софтверски компоненти на компјутерски системи со критичка процена и тестирање на различни решенија. • Способни се за критичка евалуација на различни претпоставки, приоди, процедури и резултати кои се однесуваат на инженерски проблеми. • Способни се за примена на теорија, практики и алатки за дизајн, имплементација, одржување и евалуацијана компјутерски системи и компоненти
Примена на знаењето и разбирањето	Демонстрираат вештини за дизајн, имплементација и верификација на софтверски решенија со различна сложеност. • Ги користат математичките основи, знаењето за алгоритмите и теоријата на компјутерските науки во моделирање и дизајнирање на компјутерски базирани системи, процеси, компоненти или програми на начин кој демонстрира разбирање за балансирањата во изборите на дизајн. • Демонстрираат познавање на различни програмски јазици и владееше со најмалку еден виш програмски јазик. • Ги користат принципите на дизајн за креирање на релациони бази на податоци, мултимедијални апликации, Интернет софтверски решенија, и др	Демонстрираат вештини за дизајн, имплементација, верификација и документирање на софтверски решенија со различна сложеност. • Применуваат ефикасни принципи за обработка и пребарување на информации како текст, слики, звук и видео записи со идентификување на безбедносните ризици. • Применуваат принципи на човек-компјутер интеракција при евалуација и конструирање на кориснички интерфејси, веб апликации, мултимедијални системи и мобилни системи. • Ефикасно ги користат компјутерските системи и софтверските алатки.	Демонстрираат вештини за дизајн, имплементација и верификација на компјутерски системи и компоненти со различна сложеност. • Применуваат ефикасни принципи за проектирање на компјутерски системи и мрежисоидентификувањенабезбедноснитеризици. • Применуваат принципи на комуникации и дигитална обработка на сигнали. • Демонстрираат познавање на компјутерски архитектури и микропроцесорски системи. • Ефикасно ги користат компјутерските системи и софтверските алатки.
Способност за проценка	Демонстрираат способност за прибирање, анализирање, интерпретирање и користење на податоци и информации. • Способност за анализирање, категоризирање и диференцирање на проблеми, и идентификување и дефинирање на компјутерските барања кои се соодветни на тие проблеми. • Проценка на изведливоста и трудот потребни за градење на дадено софтверско решение.	Демонстрираат способност за прибирање, анализирање, интерпретирање и користење на податоци и информации. • Способност за анализирање, категоризирање и диференцирање на проблеми, и идентификување и дефинирање на компјутерските барања кои се соодветни за решавање на тие проблеми. • Проценка на изведливоста и безбедносните ризици при градење на софтверски решение. • Способност за идентификување, анализи и усогласување на конфликтни проектни цели, наоѓајќи компромис меѓу цената, времетраењето, знаењето и постоечките системи и организација. • Разликуваат и имаат став за лична, општествена и етичка одговорност во примена на знаењата и разбирањата.	Демонстрираат способност за прибирање, анализирање, интерпретирање и користење на податоци и информации. • Способност за анализирање, категоризирање и диференцирање на проблеми, и идентификување и дефинирање на компјутерските барања кои се соодветни за решавање на тие проблеми. • Способност за идентификување, анализи и усогласување на конфликтни проектни цели, наоѓајќи компромис меѓу цената, времетраењето, знаењето и постоечките системи и организација. • Разликуваат и имаат став за лична, општествена и етичка одговорност во примена на знаењата и разбирањата.
Комуникациски вештини	Демонстрираат способност за ефективна комуникација поврзувајќи концепти, проблеми и решенија од областа на информатиката. • Демонстрираат способност за ефективна работа самостојно или како продуктивен член на тим, кој може да биде и мултидисциплинарен. • Аргументирано презентираат ставови и резултати од работењето. • Демонстрираат вештини за превземање лична одговорност при комуникација во областа во која дејствуваат	Демонстрираат способност за ефективна вербална и писмена комуникација поврзувајќи концепти, проблеми и решенија од областа на информатиката. • Способност за ефективна работа самостојно или како член на развоен тим. • Аргументирано презентираат ставови и резултати од работењето пред стручни и други аудиторiums. • Управуваат со сопственото професионално усовршување, работно време и организациски вештини	Демонстрираат способност за ефективна вербална и писмена комуникација поврзувајќи проблеми и решенија од областа на компјутерското инженерство и критички ги евалуираат презентациите на другите. • Способност за ефективна работа самостојно или како член на развоен тим. • Аргументирано презентираат ставови и резултати од работењето пред стручни и други аудиторiums. • Управуваат со сопственото професионално усовршување, работно време и организациски вештини.
Вештини на учење	Лесно се прилагодуваат на совладување на нов програмски јазик или нова програмска околина. • Демонстрираат свесност за новите технологии и способност за евалуација и користење на современите софтверски развојни алатки. • Користат информатички технологии за далечинско и електронско учење. • Ја разбираат потребата и имаат способност за постојан професионален развој, преку користење на стручна и научна литература, професионални обуки, продолжување на формалното образование, членување во професионални организации, и тн.	Лесно се прилагодуваат на совладување на нови компјутерски технологии или нова програмска околина. • Демонстрираат свесност за новите технологии и способност за евалуација и користење на современите софтверски развојни алатки. • Идентификување на потребата од понатамошно професионално усовршување и континуирано учење, преку користење на стручна и научна литература, професионални обуки, продолжување на формалното образование, членување во професионални организации, и тн	Лесно се прилагодуваат на совладување на нови компјутерски технологии или нова програмска околина. • Демонстрираат свесност за нови тетехнологии и способност за евалуација и користење на современите компјутерски компоненти и системи. • Идентификување на потребата од понатамошно професионално усовршување и континуирано учење, преку користење на стручна и научна литература, професионални обуки, продолжување на формалното образование, членување во професионални организации, и тн

## 6.6. Евалуациски прашалници / анкети

Спроведени се вкупно четири евалуациски прашалници (анкети), наведени во продолжение:

- Прашалник 1 - Прашалник за важност / приоритет на предвидените дескриптори на квалификација во студиската програма (Прилози – Прилог 1);
- Прашалник 2 - Прашалник за степенот на придонесот на предметите од студиската програма во стекнувањето на предвидените исходи од учење со дескрипторите на квалификацијата (Прилози – Прилог 2);
- Прашалник 3 - Прашалник за важност / приоритет на критериуми за квалитет во наставата (Прилози – Прилог 3) и
- Прашалник 4 - Прашалник за степенот на исполнетост на критериумите за квалитетот на наставата (наставно-педагошкиот/методолошкиот аспект) по предмети (Прилози – Прилог 4).

Во однос на делумната евалуација која е направена на студиската програма по турски јазик и книжевност на филолошки факултет, спроведени се прашалникот 3 и прашалникот 4, соодветно на применетата АНР метода, во контекст на делумната евалуација на методолошкиот аспект на студиската програма. Во однос на целосната евалуација која е направена на студиската програма по Компјутерско инженерство и технологии (компјутерски науки) на Факултет за информатика, спроведени се сите четири прашалници со процесирање на податоците со АНР и DEA.

*Прашалник 1 - Прашалникот за важност / приоритет на предвидените дескриптори на квалификација во студиската програма е насочен кон пазарот на труд, односно компании кои се потенцијални работодавачи на дипломираните студенти и кои најдобро можат да дадат оценка за реалната потреба на наведените дескриптори, односно исходи од учење со кои е предвидено да се стекне студентот по завршувањето на студиската програма. Од елаборатот за акредитација на студиската програма по Компјутерско инженерство и технологии, избрани се два општи и два специфични квалификациски дескриптори (исходи од учење) со цел земање во предвид (подеднакво) и на двата типови на дескриптори на квалификацијата, односно анализа на поголем*

спектар од аспект на видот на стекнати знаења, вештини и компетенции, со цел нивна евалуација од страна на пазарот на труд:

Табела 6.3. Дескриптори на квалификацијата – предмет на евалуација  
Table 6.3. Qualification's descriptors – subject of evaluation

Тип на квалификација	Вид на квалификација	на	на	Опис на квалификација
Општа	Знаење и разбирање		и	Изразуваат знаење и разбирање за информациско комуникациските технологии, концептите на програмските јазици и алгоритмите, базите на податоци, компјутерските архитектури, компјутерските мрежи и оперативните системи. • Показуваат разбирање за користење на знаењето за концептите од општо образовните предмети, како математика, електротехника, електроника и други во студирањето. • Изразуваат способност за споредбена и критичка анализа на софтверски и хардверски решенија според различни критериуми, како перформанси, комплексност, коректност и безбедност. • Способни се за проширување на знаењето во стручни и научни области од информатиката
Општа	Способност за проценка		за	Демонстрираат способност за прибирање, анализирање, интерпретирање и користење на податоци и информации. • Способност за анализирање, категоризирање и диференцирање на проблеми, и идентификување и дефинирање на компјутерските барања кои се соодветни за решавање на тие проблеми. • Проценка на изведливоста и трудот потребни за градење на дадено софтверско решение
Специфична	Примена на знаење и разбирање		на и	Демонстрираат вештини за дизајн, имплементација и верификација на компјутерски системи и компоненти со различна сложеност. • Применуваат ефикасни принципи за проектирање на компјутерски системи и мрежи со идентификување на безбедносните ризици. • Применуваат принципи на комуникации и дигитална обработка на сигнали. • Демонстрираат познавање на компјутерски архитектури и микропроцесорски системи. • Ефикасно ги користат компјутерските системи и софтверските алатки.
Специфична	Вештини учење		на	Лесно се прилагодуваат на совладување на нови компјутерски технологии или нова програмска околина. • Демонстрираат свесност за новите технологии и способност за евалуација и користење на современите компјутерски компоненти и системи. • Идентификување на потребата од понатамошно професионално усовршување и континуирано учење, преку користење на стручна и научна литература, професионални обуки, продолжување на формалното образование, членување во професионални организации итн.

Направено е прибирање на податоци од 14 различни компании, односно вкупно 19 прашалници се пополнети од докажани професионалци и/или личности кои се вработени како проект менаџери, продукт менаџери, сениор програмери, DevOps инженери, QA инженери, Data Science инженери и/или ИТ професионалци со работно искуство кое се движи во рангот од 15-30 години во овој сектор. Ова е доволен доказ дека се избрани претставници кои во текот на својот професионален живот имале прилика за градење на конкретни гледишта во однос на тоа какви компетенции е потребно да имаат нивните идни колеги кои практично би се вработиле на junior ниво (дипломирани студенти од факултет). Најголемиот дел од компаниите се домашни компании кои работат за странски пазари. Две од компаниите се интернационални големи компании и се избрани токму поради фактот што интересот на дипломираните студенти да работат надвор, како и можностите кои се нудат во тој правец се повеќе од атрактивни. Во прилог е листата на компании кои го дадоа својот придонес во овој прашалник:

Табела 6.4. Компании кои дадоа придонес во евалуацијата  
Table 6.4. Companies that attributed the evaluation

Компанија	Број на вработени
Alite International > 50	>50
Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип	>500
Solutionade	20
Seavus	>800
Techsense	1-5
Bluezone	<10
Mak-system	>100
Iskon Solutions	20
3Shape	>20
Digicube	<10
MelonTech	> 200
Klarna	>4000
Intel	>100000

*Прашалник 2 - Прашалник за степенот на придонесот на предметите од студиската програма во стекнувањето на предвидените дескриптори на квалификацијата* е насочен кон студентите, со цел евалуација на нивната перцепција за придонесот на секој од предметите во предвидените дескриптори на квалификацијата согласно студиската програма. На студиската програма на



Факултет за информатика се избрани 38 предмети прикажани во следната табела:

Табела 6.5. Листа на предмети од студиската програма кои се предмет на евалуација (КИТ)

Table 6.5. List of study program's courses that are subject of evaluation (CET)

Семестар	Предмет	Задолжителен	Кредити	КИТ и КН
1	Вовед во информатика	Да	6,00	Не
1	Компјутерски електронски елементи	Да	6,00	Не
1	Математика 1	Да	8,00	Да
1	Основи на програмирање	Да	6,00	Да
1	Дискретна математика	Не	4,00	Да
1	Линеарна алгебра	Не	4,00	Не
2	Дигитална логика	Да	6,00	Да
2	Математика 2	Да	6,00	Да
2	Објектно ориентирано програмирање	Да	6,00	Да
2	Алгебарски структури	Не	6,00	Не
2	Информатика	Не	4,00	Да
3	Архитектура на компјутери	Да	6,00	Да
3	Софтверско инженерство	Да	6,00	Да
3	Структури на податоци и алгоритми	Да	6,00	Да
3	Веројатност и статистика	Не	6,00	Да
3	Теорија на графови	Не	6,00	Не
4	Бази на податоци	Да	6,00	Да
4	Визуелно програмирање	Да	6,00	Да
4	Компјутерски мрежи	Да	6,00	Да
4	Оперативни системи	Да	6,00	Да
5	Графика и визуелизација	Да	6,00	Да
5	Интернет програмирање	Да	6,00	Да
5	Теорија на информации	Да	6,00	Да
5	Напредни алгоритми	Не	6,00	Не
5	Системски софтвер	Не	6,00	Не
6	Дигитално процесирање на сигнали	Да	6,00	Да
6	Микрокомпјутерски системи	Да	6,00	Да
6	Развој на мобилни апликации	Не	6,00	Не
6	Основи на операциски истражувања	Не	6,00	Не
7	Безбедност на компјутерски системи	Да	6,00	Да
7	Вештачка интелигенција	Да	6,00	Да
7	Геоинформатика	Не	6,00	Не
7	Електронска комерција	Не	6,00	Не
7	Применето софтверско инженерство во реална средина	Не	6,00	Не
7	Управување и складирање на податоци	Не	6,00	Не
8	Дистрибуирани компјутерски системи	Да	6,00	Не

8	Информациски системи	Да	6,00	Да
8	Машинско учење	Не	4,00	Не

Вкупното кредитно оптоварување на предметите кои се предмет на евалуација е 220 ЕКТС кредити, што е 91,67% од вкупно предвидените кредити во рамките на студиската програма со 240 ЕКТС кредити. Дополнително, од вкупно 38 предмети на насоката Компјутерско инженерство и технологии, 23 се изучувале во истата генерација и на насоката Компјутерски науки, односно 60,4% со што постои доволна основа за земањето во предвид и на овие студенти во процесот на спроведување на прашалниците. Во однос на изборните предмети, евалуирани оние предмети кои биле избрани во најголем број од студентите (оние кои биле најатрактивни). Од 38-те предмети кои се предмет на евалуација, 15 се изборни, односно приближно 39,47% од вкупниот број на предмети. Притоа, важно е да се спомене дека универзитетските изборни предмети не се земени во предвид, освен оние за кои се смета дека директно придонесуваат особено кон специфичните исходи од учење (како предметот Информатика), кои воедно биле избрани од поголем број на студенти. На овој начин, овие два прашалници се комплементарни во смисла на интегралната слика што преку АНР ќе се изгради за квалификациите кои се предвидени согласно студиската програма. Овој прашалник целосно е пополнет од 24 студенти.

*Прашалник 3 - Прашалник за важност / приоритет на критериуми за квалитет во наставата* е насочен кон студентите, со цел креирање на приоритетна листа на четири избрани критериуми за оценување на квалитетот на методолошката страна на процесот на спроведување на студиската програма. Критериумите кои се евалуирани во овој случај се преземени од работниот документ „Стандард за квалификација наставник во високото образование во Република Северна Македонија“ кој предвидува воведување на оваа квалификација во регистарот на стандарди на квалификации (национална рамка на квалификации). Стандардот опфаќа повеќе различни подрачја на компетенции и резултати од учењето во корелација кои произлегуваат од попис на клучни работни задачи за работно место и компетенции кои се соодветни на нив, а со кои се очекува да располага наставникот во високото образование со цел задоволување на барањата на овој стандард и соодветен напредок во кариерата – наставник во високото образование.

Табела 6.6. Критериуми за евалуација на наставно-педагошки (методолошки) аспект на студиска програма

Table 6.6. Criteria for evaluation of teaching-pedagogical (methodological) aspect of the study program

Нумерација	Критериум	Прашање во корелација со критериум во прашалник по предмети
Критериум 1, CR1	Планирање и организација на наставата во насока на студентот	Наставата беше соодветно планирана, организирана и реализирана според потребите на студентите
Критериум 2, CR2	Реализација на наставата преку поттикнување на практична примена на содржината на предметот	Предметот вклучуваше примена на материјата во пракса и практични примери
Критериум 3, CR3	Примена на нови образовни технологии во наставната работа	Се користеа нови образовни (дигитални и други) ресурси, пристапи и алатки во наставата
Критериум 4, CR4	Водење, поддршка или менторирање на студентите	Секогаш постоеше можност за индивидуална работа со професорот

Истражувањето покажа дека е големо множеството на критериуми според кои може да се прави оценување на квалитетот на наставата, односно наставно-педагошкиот елемент во смисла на методи и практики на настава, особено во академска средина, како и меѓусебното влијание на овој процес со социоекономскиот, политички и психолошки аспект на студентите.

*Прашалник 4 - Прашалник за степенот на исполнетост на критериумите за квалитетот на наставата (наставно-педагошкиот аспект) по предмети* е насочен кон студентите, во смисла на добивање на повратна информација за степенот / нивото на исполнетост на критериумите кои го определуваат квалитетот на наставата / наставно – педагошкиот аспект, за секој од четирите критериуми кои се одредени за евалуација. Одговор е даден за секој од предметите, за двете студиски програми кои се предмет на евалуација - табела 6.5. од предметите кои се однесуваат на студиската програма Компјутерско инженерство и технологии, односно табела 6.7. за предметите од студиската програма Турски јазик и литература).

Табела 6.7. Листа на предмети од студиската програма кои се предмет на евалуација (ТЈК)

Table 6.7. List of study program's courses that are subject of evaluation (TLL)

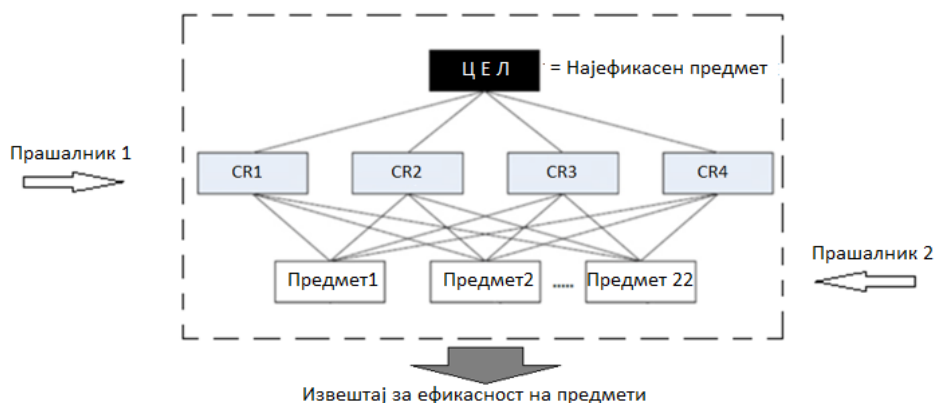
Семестар	Предмет	Задолжителен	Кредити
1	Современ турски јазик 1	Да	8
1	Контрастивна анализа на македонскиот и турскиот јазик	Да	6
1	Отоманско-турски јазик	Не	4
2	Фонетика и фонологија на современиот турски јазик 2	Да	6
2	Турска народна книжевност 1	Да	6
2	Современ турски јазик 2	Да	8
3	Турска народна книжевност 2 (исламски период)	Да	6
3	Турска детска книжевност - Вовед 2	Да	6
4	Морфологија на современиот турски јазик 2	Да	6
4	Стара турска книжевност 1 (11-15 век)	Да	6
5	Синтакса на современиот турски јазик 1	Да	6
5	Стара турска книжевност 2 (16-18 век)	Да	6
5	Теорија на преведување и толкување 1	Да	6
6	Синтакса на современиот турски јазик 2	Да	6
6	Современа турска книжевност 1 (танзиматски и посттанзиматски период)	Да	6
7	Методика на наставата по турски јазик и книжевност 1	Да	6
7	Современа турска книжевност 2 (републикански период и потоа)	Да	8
7	Турска детска книжевност 1	Да	6
7	Преведување и толкување на текстови од турски на македонски јазик	Да	8
8	Методика на наставата по турски јазик и книжевност 2	Да	6
8	Преведување и толкување на текстови од македонски на турски јазик	Да	6
8	Турска детска литература 2	Не	4

Листата на предмети е со вкупно оптоварување од 136 ЕКТС кредити, односно 57% од вкупното кредитно оптоварување на студиската програма (240 ЕКТС). Од овие предмети, само два предмети се изборни, што води кон фактот дека евалуацијата реално е правена на предмети кои најголемиот број од студентите ги слушале.

### **6.7. Евалуација на студиска програма Турски јазик и книжевност (наставна насока, преведувачи и толкувачи) – делумна евалуација**

Во поглед на студиската програма по Турски јазик и книжевност (наставна насока, преведувачи и толкувачи), направена е евалуација на наставно-

педагошката (методолошката) страна на студиската програма со примена на АНР, а во однос на претходно наведените критериуми за евалуација на овој аспект. Притоа, АНР моделот кој е изграден за оваа намена е прикажан во продолжение.



Слика 6.3. АНР модел за наставно-педагошка страна на студиска програма ТЈК

Figure 6.3. ANP model for teaching/pedagogical aspect of the study program TLL

Прашалникот *Прашалник за важност / приоритет на критериуми за квалитет во наставата* (Прашалник 1 на сликата) е основа за пополнување на PW матрицата во согласност со АНР алгоритмот, каде што критериумите за избор се критериумите за оценување на квалитетот на предметите во студиската програма од наставно-педагошки (методолошки) аспект.

Табела 6.8. PW матрица за критериуми за квалитет на настава (ТЈК, КИТ)  
Table 6.8. PW matrix of teaching quality (TLL, CET)

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Планирање и организација на наставата во насока на студентот																		Реализација на наставата преку поттикнување на практична примена на содржината на предметот
Планирање и организација на наставата во насока на студентот																		Примена на нови образовни технологии во наставната работа
Планирање и организација на наставата во насока на студентот																		Водење, поддршка или менторирање на студентите
Реализација на наставата преку поттикнување на практична примена на содржината на предметот																		Примена на нови образовни технологии во наставната работа
Реализација на наставата преку поттикнување на практична примена на содржината на предметот																		Водење, поддршка или менторирање на студентите
Примена на нови образовни технологии во наставната работа																		Водење, поддршка или менторирање на студентите

Од вкупно 17 нивоа за евалуација на критериумите во PW матриците, од практични причини, во електронски спроведените анкети за евалуација се реализирани со 7 можни нивоа, за кои потоа е пресметано отстапување на линеарната скала од -8 до 8 (заедно со нулто ниво), со што лесно се пресметува реалниот PW коефициент во однос на матрицата со 17 нивоа на релационо оценување на критериумите.

Табела 6.9. PW вредности / PW матрица за наставно-педагошки критериуми (TJK)

Table 6.9. PW values / PW matrix of teaching-pedagogical criteria (TLL)

Наставно-педагошки критериум (1)	Отстапување на скала -8 .. 0 .. 8	PW вредност (1 во однос на 2)	Наставно-педагошки критериум (2)
Планирање и организација на наставата	0,20461	1/1,20461	Реализација на наставата преку поттикнување на практична примена на содржината на предметот
Планирање и организација на наставата	-0,38	1,38	Примена на нови образовни технологии во наставната работа
Планирање и организација на наставата	1,665	1/2,665	Водење, поддршка или менторирање на студентите
Реализација на наставата преку поттикнување на практична примена на содржината на предметот	-0,3325	1,3325	Примена на нови образовни технологии во наставната работа
Реализација на наставата преку поттикнување на практична примена на содржината на предметот	1	1/2	Водење, поддршка или менторирање на студентите
Примена на нови образовни технологии во наставната работа	2,068	1/3,068	Водење, поддршка или менторирање на студентите

Резултатите од *Прашалник за степенот на исполнетост на критериумите за квалитетот на наставата (наставно-педагошкиот аспект) по предмети* (Прашалник 2 на сликата) се прикажани во следната табела.

Табела 6.10. Индекси на придонес на предмети кон наставно-педагошки критериуми (ТЈК)

Table 6.10. Contribution to teaching-pedagogical criteria - courses' indexes (TLL)

Предмет	Планирање и организација на наставата	Реализација на наставата преку поттикнување на практична примена на содржината на предметот	Примена на нови образовни технологии во наставната работа	Водење, поддршка или менторирање на студентите
Современ турски јазик 1	4,833333	4,636363636	4,272727273	5
Контрастивна анализа на македонскиот и турскиот јазик	4,833333	4,909090909	4,272727273	4,909090909
Отоманско-турски јазик	4,615385	4,636363636	4	4,727272727
Фонетика и фонологија на современиот турски јазик 2	4,769231	4,909090909	4,5	5
Турска народна книжевност 1	4,916667	4,9	4,222222222	5
Современ турски јазик 2	4,818182	4,888888889	4,222222222	5
Турска народна книжевност 2 (исламски период)	5	4,9	4,4	5
Турска детска книжевност - Вовед 2	4,923077	4,8	4,444444444	5
Морфологија на современиот турски јазик 2	4,916667	4,888888889	4,3	5
Стара турска книжевност 1 (11-15 век)	5	4,888888889	4,444444444	5
Синтакса на современиот турски јазик 1	4,583333	4,625	4,333333333	4,888888889
Стара турска книжевност 2 (16-18 век)	4,833333	4,888888889	4,375	5
Теорија на преведување и толкување 1	4,7	4,571428571	4	4,714285714
Синтакса на современиот турски јазик 2	4,909091	5	4	5
Современа турска книжевност 1 (танзиматски и посттанзиматски период)	5	5	4,142857143	4,857142857
Методика на наставата по турски јазик и книжевност 1	5	5	4,285714286	5
Современа турска книжевност 2 (републикански период и потоа)	5	5	4	5
Турска детска книжевност 1	5	5	4,285714286	5
Преведување и толкување на текстови од турски на македонски јазик	4,727273	4,714285714	4,285714286	4,857142857
Методика на наставата по турски јазик и книжевност 2	5	5	4,285714286	5
Преведување и толкување на текстови од македонски на турски јазик	4,666667	4,571428571	4	4,714285714
Турска детска литература 2	5	5	4,285714286	5

Врз основа на вредностите во табелата за РВ вредности, се генерира РВ матрицата во однос на четирите типови на критериуми за евалуација на квалитетот/нивото на наставно-педагошкиот аспект на студиската програма.

Табела 6.11. Вредности на PW матрица / критериум = наставно-педагошки критериум за квалитет на наставата (ТЈК)

Table 6.11. PW matrix values / criteria = teaching-pedagogical criteria for teaching quality assessment (TLL)

	Планирање и организација на наставата	Реализација на наставата преку поттикнување на практична примена на содржината на предметот	Примена на нови образовни технологии во наставната работа	Водење, поддршка или менторирање на студентите
Планирање и организација на наставата	1	0,8301	1,38	0,3752
Реализација на наставата преку поттикнување на практична примена на содржината на предметот	1,20461	1	1,3325	0,5
Примена на нови образовни технологии во наставната работа	0,7246	0,7504	1	0,3259
Водење, поддршка или менторирање на студентите	2,665	2	3,068	1

Резултатите од пресметувањето на тежинските коефициенти на приоритет во однос на критериумите од PW матрицата, каде критериумите се во форма на наставно-педагошките критериуми за квалитет во наставата се прикажани во следната табела:

Табела 6.12 Тежински коефициенти на критериуми (наставно-педагошки критериуми) (ТЈК)

Table 6.12 Weighted coefficients of criteria (teaching-pedagogical criteria) (TLL)

Критериуми = Наставно-педагошки критериуми	Тежински коефициенти/ Вектор на приоритети	Фактор на неконзистентност
Планирање и организација на наставата	0,18314	CI = 0,0027
Реализација на наставата преку поттикнување на практична примена на содржината на предметот	0,21632	
Примена на нови образовни технологии во наставната работа	0,14653	
Водење, поддршка или менторирање на студентите	0,45671	

Факторот на неконзистентност е еднаков на 0,27%, со што резултатите се повеќе од прифатливи за понатамошно процесирање.

Со процесирањето на податоците преку **синтезата** на моделот во однос на наставно-педагошките критериуми, имајќи го во предвид векторот на тежински коефициенти на соодветните критериуми, се добива следната табела:



Табела 6.13. Синтетизиран модел – наставно-педагошка страна на студиска програма – методолошки аспект (ТЈК)

Table 6.13. Synthesized model – teaching- pedagogical (methodological) aspect of the study program (TLL)

Предмет	Приоритет (идеализирана вредност)
Современ турски јазик 1, 1 семестар	0,977505
Контрастивна анализа на македонскиот и турскиот јазик, 1 семестар	0,979084
Отоманско-турски јазик, 1 семестар	0,939237
Фонетика и фонологија на современиот турски јазик 2, 2 семестар	0,992148
Турска народна книжевност 1, 2 семестар	0,988782
Современ турски јазик 2, 2 семестар	0,985043
Турска народна книжевност 2 (исламски период), 3 семестар	0,998504
Турска детска книжевност - Вовед 2, 3 семестар	0,9919
Морфологија на современиот турски јазик 2, 4 семестар	0,991774
Стара турска книжевност 1 (11-15 век), 4 семестар	1
Синтакса на современиот турски јазик 1, 5 семестар	0,961825
Стара турска книжевност 2 (16-18 век), 5 семестар	0,992896
Теорија на преведување и толкување 1, 5 семестар	0,932083
Синтакса на современиот турски јазик 2, 6 семестар	0,98716
Современа турска книжевност 1 (танзиматски и посттанзиматски период), 6 семестар	0,9814
Методика на наставата по турски јазик и книжевност 1, 7 семестар	0,9814
Современа турска книжевност 2 (републикански период и потоа), 7 семестар	0,990899
Турска детска книжевност 1, 7 семестар	0,999874
Преведување и толкување на текстови од турски на македонски јазик, 7 семестар	0,963456
Методика на наставата по турски јазик и книжевност 2, 8 семестар	0,999874
Преведување и толкување на текстови од македонски на турски јазик, 8 семестар	0,883592
Турска детска литература 2, 8 семестар	0,999874

Во колоната приоритет се прикажани конечните тежински коефициенти на алтернативите, од каде што може да се заклучи кој/кои е/се најдобрите избори согласно параметрите кои до овој момент се користат во сумарната пресметка.

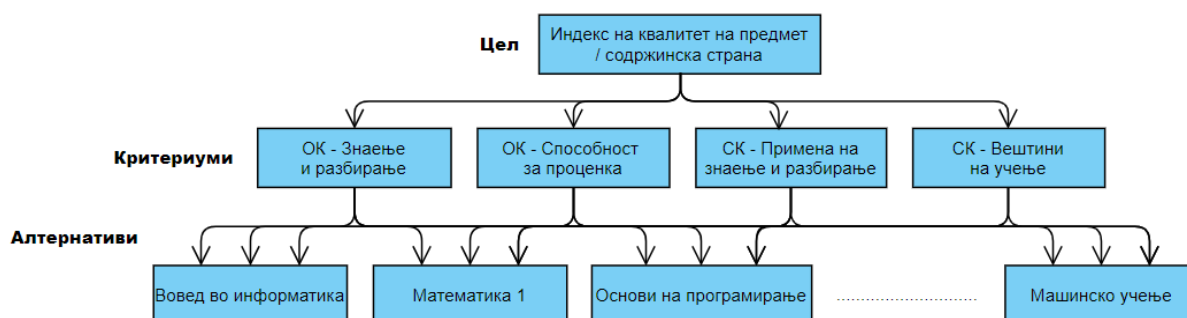
### 6.8. Евалуација на студиска програма Компјутерско инженерство и технологии - целосна евалуација

Целосната евалуација на студиската програма започнува со примена на АНР фазата од моделот. Согласно критериумите на АНР, хиерархијата се состои од три составни елементи: цел, критериуми и алтернативи, во контекст на двата

аспекти на студиската програма кои ќе се евалуираат: содржинскиот и наставно-педагошкиот (методолошкиот) аспект, со што развиената хиерархијата е поставена како во продолжение, во однос на двата аспекта кои се евалуираат.

### 6.8.1. Содржински аспект на студиската програма

АНР хиерархијата на моделот од аспект на содржинската компонента на студиската програма е прикажана во продолжение:



Слика 6.4. АНР модел за содржинска страна на студиска програма КИТ

Figure 6.4. ANP model for content/essential aspect of the study program CET

Прашалникот *Прашалник за важност / приоритет на предвидените дескриптори на квалификација во студиската програма* (Прилог 1) претставува основа за пополнување на PW матрицата во која критериумите за избор се дескрипторите на квалификација кои се оценуваат од страна на пазарот на труд (ИТ компаниите).

Табела 6.14. PW матрица за (дескриптори на) квалификација (ИТ пазар на труд) (КИТ)

Table 6.14. PW matrix of qualification's descriptors (IT labor market) (CET)

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ОК – Знаење и разбирање																		ОК – Способност за проценка
ОК – Знаење и разбирање																		СК – Примена на знаење и разбирање
ОК – Знаење и разбирање																		СК – Вештини на учење
ОК – Способност за проценка																		СК – Примена на знаење и разбирање
ОК – Способност за проценка																		СК – Вештини на учење

СК – Примена на знаење и разбирање																			СК – Вештини на учење
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------------------------

Од практични причини, можните 17 нивоа за евалуација на критериумите во PW матриците, во електронски спроведените анкети за евалуација се реализирани со 7 можни нивоа, за кои потоа е пресметано отстапување на линеарната скала од -8 до 8, со што лесно се пресметува реалниот PW коефициент во однос на матрицата со 17 нивоа на релационо оценување на критериумите.

Табела 6.15. PW вредности / PW матрица за квалификациски критериуми (КИТ)

Table 6.15. PW values / PW matrix of qualifications' criteria (CET)

Квалификација (1)	Отстапување на скала -8 .. 0 .. 8	PW вредност (1 во однос на 2)	Квалификација (2)
Општа квалификација: Знаење и разбирање	-0,40923	1,40923	Општа квалификација: Способност за проценка
Општа квалификација: Знаење и разбирање	1,8415	1/2,8415	Специфична квалификација: Примена на знаење и разбирање
Општа квалификација: Знаење и разбирање	2,2507	1/3,3507	Специфична квалификација: Вештини на учење
Општа квалификација: Способност за проценка	1,6369	1/2,6369	Специфична квалификација: Примена на знаење и разбирање
Општа квалификација: Способност за проценка	3,0707	1/4,0707	Специфична квалификација: Вештини на учење
Специфична квалификација: Примена на знаење и разбирање	1,023	1/2,023	Специфична квалификација: Вештини на учење

Резултатите од *Прашалник за степенот на придонесот на предметите од студиската програма во стекнувањето на предвидените дескриптори на квалификации* се прикажани во следната табела.

Табела 6.16. Индекси на придонес на предмети кон дескриптори на квалификации (КИТ)

Table 6.16. Contribution to qualification's descriptors - courses' indexes (CET)

Предмет	ОК-Знаење и разбирање	ОК – Способност за проценка	СК – Примена на знаење и разбирање	СК – Вештини на учење
Вовед во информатика, 1 семестар	3,285714	3	3,2	3,2
Компјутерски електронски елементи, 1 семестар	2,388889	2,294118	2,176471	2,352941
Математика 1, 1 семестар	3,875	3,73913	3,869565	3,869565
Основи на програмирање, 1 семестар	4,333333	4,217391	4,26087	4,26087

Дискретна математика, 1 семестар	4	3,85	4,1	3,8
Линеарна алгебра, 1 семестар	3,388889	3,25	3,294118	3,352941
Дигитална логика, 2 семестар	3,217391	3,227273	3,227273	3,318182
Математика 2, 2 семестар	3,916667	3,869565	3,913043	3,826087
Објектно ориентирано програмирање, 2 семестар	4,375	4,347826	4,478261	4,363636
Алгебарски структури, 2 семестар	4,05	3,947368	3,842105	3,777778
Информатика, 2 семестар	3,95	3,947368	3,888889	3,944444
Архитектура на компјутери, 3 семестар	3,52381	3,35	3,45	3,55
Софтверско инженерство, 3 семестар	3,380952	3,333333	3,285714	3,190476
Структури на податоци и алгоритми, 3 семестар	4,217391	4,26087	4,043478	4,173913
Веројатност и статистика, 3 семестар	3,818182	3,714286	3,863636	3,863636
Теорија на графови, 3 семестар	3,588235	3,470588	3,529412	3,529412
Бази на податоци, 4 семестар	4,478261	4,5	4,227273	4,5
Визуелно програмирање, 4 семестар	4,043478	4	4,090909	4,181818
Компјутерски мрежи, 4 семестар	4,166667	4,043478	3,956522	4
Оперативни системи, 4 семестар	3,5	3,52381	3,428571	3,619048
Графика и визуелизација, 5 семестар	3,9	3,75	3,9	3,9
Интернет програмирање, 5 семестар	4,041667	3,913043	3,956522	3,913043
Теорија на информации, 5 семестар	3,526316	3,578947	3,526316	3,526316
Напредни алгоритми, 5 семестар	3,555556	3,588235	3,470588	3,529412
Системски софтвер, 5 семестар	3,461538	3,461538	3,615385	3,615385
Дигитално процесирање на сигнали, 6 семестар	3,733333	3,857143	3,866667	3,866667
Микрокомпјутерски системи, 6 семестар	3,888889	3,705882	3,647059	3,588235
Основи на операциски истражувања, 6 семестар	3,4375	3,5	3,375	3,375
Развој на мобилни апликации, 6 семестар	4,307692	4,461538	4,384615	4,461538
Вештачка интелигенција, 7 семестар	4,466667	4,428571	4,5	4,428571
Електронска комерција, 7 семестар	4,333333	4,333333	4,266667	4,466667
Управување и складирање на податоци, 7 семестар	3,769231	3,5	3,583333	3,833333
Геоинформатика, 7 семестар	3,909091	3,909091	3,727273	3,75
Безбедност на компјутерски системи, 7 семестар	4,25	4,25	4,125	4,125
Применето софтверско инженерство во реална средина, 7 семестар	3,846154	3,916667	4	3,846154
Дистрибуирани компјутерски системи, 8 семестар	3,538462	3,785714	3,571429	3,642857
Информациски системи, 8 семестар	3,2	3,214286	3,285714	3,071429
Машинско учење, 8 семестар	4,333333	4,25	4,333333	4,416667

Врз основа на  $PW$  вредностите, се генерира и  $PW$  матрицата во однос на четирите типови на исходи од учење кои се генерираат со спроведувањето на студиската програма во улога на критериуми.

Табела 6.17. Вредности на PW матрица / критериум = дескриптор, исход од учење (КИТ)

Table 6.17 PW matrix values / criterion = descriptor, learning outcome (CET)

	Општа квалификација: Знаење и разбирање	Општа квалификација: Способност за проценка	Специфична квалификација: Примена на знаење и разбирање	Специфична квалификација: Вештини на учење
Општа квалификација: Знаење и разбирање	1	1,40923	0,3519	0,2984
Општа квалификација: Способност за проценка	0,7096	1	0,3792	0,2456
Специфична квалификација: Примена на знаење и разбирање	2,8415	2,6369	1	0,4949
Специфична квалификација: Вештини на учење	3,3507	4,0707	2,0203	1

Резултатите од пресметувањето на тежинските коефициенти на приоритет во однос на критериумите од PW матрицата, каде критериумите се во форма на дескрипторите (исходите од учење) се прикажани во следната табела:

Табела 6.18. Тежински коефициенти на критериуми (дескриптори, исходи од учење) (КИТ)

Table 6.18. Weighted coefficients of criteria (qualification's descriptors, learning outcomes) (CET)

Критериуми = Образовни квалификации	Тежински коефициенти/ Вектор на приоритети	Фактор на неконзистентност
Општа квалификација: Знаење и разбирање	0,12913	CI = 0,01314
Општа квалификација: Способност за проценка	0,10492	
Специфична квалификација: Примена на знаење и разбирање	0,28972	
Специфична квалификација: Вештини на учење	0,47622	

Факторот на неконзистентност е еднаков на 1,314%, со што резултатите се повеќе од прифатливи за понатамошно процесирање.

Со процесирањето на податоците преку **синтезата** на моделот во однос на образовните квалификации, имајќи го во предвид векторот на тежински коефициенти на соодветните критериуми = образовни квалификации, се добива следната табела:

Табела 6.19. Синтетизиран модел – содржинска страна на студиска програма компјутерско инженерство и технологии

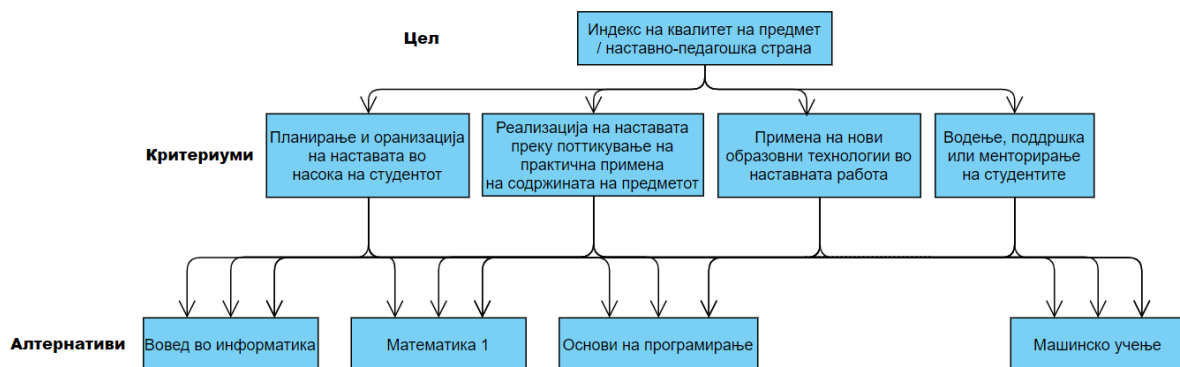
Table 6.19. Synthesized model – content/essential aspect of the study program computer engineering and technologies

Предмет	Приоритет	Идеализирана вредност
Вовед во информатика, 1 семестар	0.022177	0.716203
Компјутерски електронски елементи, 1 семестар	0.015988	0.516347
Математика 1, 1 семестар	0.026810	0.865831
Основи на програмирање, 1 семестар	0.029652	0.957607
Дискретна математика, 1 семестар	0.027237	0.879632
Линеарна алгебра, 1 семестар	0.023146	0.747498
Дигитална логика, 2 семестар	0.022726	0.733937
Математика 2, 2 семестар	0.026886	0.868287
Објектно ориентирано програмирање, 2 семестар	0.030557	0.986845
Алгебарски структури, 2 семестар	0.026759	0.864179
Информатика, 2 семестар	0.027314	0.882107
Архитектура на компјутери, 3 семестар	0.024308	0.785030
Софтверско инженерство, 3 семестар	0.022646	0.731347
Структури на податоци и алгоритми, 3 семестар	0.028853	0.931819
Веројатност и статистика, 3 семестар	0.026709	0.862558
Теорија на графови, 3 семестар	0.024543	0.792632
Бази на податоци, 4 семестар	0.030714	0.991905
Визуелно програмирање, 4 семестар	0.028629	0.924583
Компјутерски мрежи, 4 семестар	0.027901	0.901055
Оперативни системи, 4 семестар	0.024599	0.794420
Графика и визуелизација, 5 семестар	0.027003	0.872060
Интернет програмирање, 5 семестар	0.027405	0.885067
Теорија на информации, 5 семестар	0.024550	0.792863
Напредни алгоритми, 5 семестар	0.024482	0.790653
Системски софтвер, 5 семестар	0.024881	0.803542
Дигитално процесирање на сигнали, 6 семестар	0.026752	0.863978
Микрокомпјутерски системи, 6 семестар	0.025417	0.820863
Основи на операциски истражувања, 6 семестар	0.023610	0.762482
Развој на мобилни апликации, 6 семестар	0.030722	0.992183
Вештачка интелигенција, 7 семестар	0.030964	1
Електронска комерција, 7 семестар	0.030430	0.982755
Управување и складирање на податоци, 7 семестар	0.025842	0.834590
Геоинформатика, 7 семестар	0.026282	0.848776
Безбедност на компјутерски системи, 7 семестар	0.028880	0.932677
Применето софтверско инженерство во реална средина, 7 семестар	0.027098	0.875148
Дистрибуирани компјутерски системи, 8 семестар	0.025189	0.813470
Информациски системи, 8 семестар	0.022001	0.710534
Машинско учење, 8 семестар	0.030338	0.979779

Во колоната приоритет се прикажани конечните тежински коефициенти на алтернативите, од каде што може да се заклучи кој/кои е/се најдобрите избори согласно параметрите кои до овој момент се користат во сумарната пресметка.

### 6.8.2. Наставно-педагошки (методолошки) аспект на студиската програма

АНР хиерархијата на моделот од аспект на методолошката (наставно-педагошката) страна на студиската програма е прикажана во продолжение:



Слика 6.5. АНР модел за наставно-педагошка страна на студиска програма КИТ

Figure 6.5. ANP model for teaching/pedagogical aspect of the study program SET

Прашалникот *Прашалник за важност / приоритет на критериуми за квалитет во наставата* е основа за пополнување на PW матрицата во која критериумите за избор се критериумите за оценување на квалитетот на предметите во студиската програма од аспект на наставно-педагошката страна на спроведувањето на истата. Бидејќи критериумите се исти, тоа е матрица со редици и колони кои се исти како и во случајот на евалуацијата на студиската програма турски јазик и книжевност, наставна насока / преведувачи и толкувачи, со различни вредности на елементите во согласност со спроведеното анкетање. И во овој случај, исто како во претходниот, можните 17 нивоа за евалуација на критериумите во PW матрицата, во електронски спроведените анкети за евалуација се реализирани со 7 можни нивоа, за кои потоа е пресметано отстапување на линеарната скала од -8 до 8, со што лесно се пресметува реалниот PW коефициент во однос на матрицата со 17 нивоа на релационо оценување на критериумите.

Табела 6.20. PW вредности / PW матрица за наставно-педагошки критериуми (КИТ)

Table 6.20. PW values / PW matrix of teaching-pedagogical criteria (CET)

Наставно-педагошки критериум (1)	Отстапување на скала -8 .. 0 .. 8	PW вредност (1 во однос на 2)	Наставно-педагошки критериум (2)
Планирање и организација на наставата	2,7623	1/3,7623	Реализација на наставата преку поттикнување на практична примена на содржината на предметот
Планирање и организација на наставата	0,1108	1/1,1108	Примена на нови образовни технологии во наставната работа
Планирање и организација на наставата	1,6625	1/2,6625	Водење, поддршка или менторирање на студентите
Реализација на наставата преку поттикнување на практична примена на содржината на предметот	-0,9975	1,9975	Примена на нови образовни технологии во наставната работа
Реализација на наставата преку поттикнување на практична примена на содржината на предметот	-0,3469	1,3469	Водење, поддршка или менторирање на студентите
Примена на нови образовни технологии во наставната работа	1,1704	1/2,1704	Водење, поддршка или менторирање на студентите

Резултатите од *Прашалник за степенот на исполнетост на критериумите за квалитетот на наставата (наставно-педагошкиот аспект) по предмети* се прикажани во следната табела.

Табела 6.21. Индекси на придонес (исполнетост) на предмети во однос на наставно-педагошки критериуми (КИТ)

Table 6.21. Contribution (fulfillment) to teaching-pedagogical criteria - courses' indexes (CET)

Предмет	Планирање и организација на наставата	Реализација на наставата преку поттикнување на практична примена на содржината на предметот	Примена на нови образовни технологии во наставната работа	Водење, поддршка или менторирање на студентите
Вовед во информатика, 1 семестар	3,272727	3,363636	3,045455	2,772727
Компјутерски електронски елементи, 1 семестар	2,75	2,611111	2,666667	2,5
Математика 1, 1 семестар	4,24	4,041667	3,666667	4,173913
Основи на програмирање, 1 семестар	4,2	4,083333	3,625	4,166667
Дискретна математика, 1 семестар	4,583333	4,347826	3,869565	4,73913
Линеарна алгебра, 1 семестар	3,842105	3,555556	3,222222	3,333333
Дигитална логика, 2 семестар	3,695652	3,636364	3,409091	3,681818
Математика 2, 2 семестар	4,291667	4,173913	3,863636	4,272727



Објектно ориентирано програмирање, 2 семестар	4,52	4,416667	3,916667	4,791667
Алгебарски структури, 2 семестар	4,347826	4,142857	3,818182	4,727273
Информатика, 2 семестар	4,1	3,722222	3,777778	4
Архитектура на компјутери, 3 семестар	4	3,473684	3,368421	4,105263
Софтверско инженерство, 3 семестар	3,826087	3,409091	3,318182	3,409091
Структури на податоци и алгоритми, 3 семестар	4,36	4,083333	3,875	4,666667
Веројатност и статистика, 3 семестар	4,26087	4,130435	3,826087	4,434783
Теорија на графови, 3 семестар	3,894737	3,944444	3,444444	4,222222
Бази на податоци, 4 семестар	4,28	4,291667	3,956522	4,666667
Визуелно програмирање, 4 семестар	4,083333	4,26087	4,043478	4
Компјутерски мрежи, 4 семестар	4,48	4,416667	4,041667	4,5
Оперативни системи, 4 семестар	3,72	3,5	3,5	3,826087
Графика и визуелизација, 5 семестар	3,727273	3,857143	3,904762	3,666667
Интернет програмирање, 5 семестар	4	4,130435	3,916667	3,708333
Теорија на информации, 5 семестар	4,095238	3,9	3,75	4,4
Напредни алгоритми, 5 семестар	3,8	3,789474	3,368421	4,315789
Системски софтвер, 5 семестар	4,066667	3,928571	3,928571	4,071429
Дигитално процесирање на сигнали, 6 семестар	4,235294	4,133333	3,8	4,466667
Микрокомпјутерски системи, 6 семестар	4,1	3,947368	3,611111	4,157895
Основи на операциски истражувања, 6 семестар	4,095238	3,75	3,7	4,2
Развој на мобилни апликации, 6 семестар	4,25	4,285714	3,846154	3,846154
Вештачка интелигенција, 7 семестар	4,388889	4,294118	3,941176	4,470588
Електронска комерција, 7 семестар	4,411765	4,235294	4,0625	4,5625
Управување и складирање на податоци, 7 семестар	3,928571	3,5	3,583333	3,833333
Геоинформатика, 7 семестар	4,133333	4,083333	3,833333	4,25
Безбедност на компјутерски системи, 7 семестар	4,222222	4,133333	4,066667	4,3125
Применето софтверско инженерство во реална средина, 7 семестар	4,333333	4,076923	4,153846	4,615385
Дистрибуирани компјутерски системи, 8 семестар	4,066667	4,066667	3,615385	3,785714
Информациски системи, 8 семестар	3,777778	3,75	3,75	3,733333
Машинско учење, 8 семестар	4,470588	4,266667	4,066667	4,533333

Врз основа на PW вредностите, се генерира PW матрицата во однос на четирите типови на критериуми за евалуација на квалитетот/нивото на наставно-педагошкиот аспект на студиската програма.

Табела 6.22. Вредности на PW матрица / критериум = наставно-педагошки критериум за квалитет на наставата (КИТ)

Table 6.22. PW matrix values / criteria = teaching-pedagogical criteria for teaching quality assessment (CET)

	Планирање и организација на наставата	Реализација на наставата преку поттикнување на практична примена на содржината на предметот	Примена на нови образовни технологии во наставната работа	Водење, поддршка или менторирање на студентите
Планирање и организација на наставата	1	0,2657	0,9002	0,3756
Реализација на наставата преку поттикнување на практична примена на содржината на предметот	3,7623	1	1,9975	1,3469
Примена на нови образовни технологии во наставната работа	1,1108	0,5006	1	0,4607
Водење, поддршка или менторирање на студентите	2,6625	0,7424	2,1704	1

Резултатите од пресметувањето на тежинските коефициенти на приоритет во однос на критериумите од PW матрицата, каде критериумите се во форма на наставно-педагошките критериуми за квалитет во наставата се прикажани во следната табела:

Табела 6.23 Тежински коефициенти на критериуми (наставно-педагошки критериуми) (КИТ)

Table 6.23 Weighted coefficients of criteria (teaching-pedagogical criteria) (CET)

Критериуми = Наставно-педагошки критериуми	Тежински коефициенти/ Вектор на приоритети	Фактор на неконзистентност
Планирање и организација на наставата	0,12206	CI = 0,01026
Реализација на наставата преку поттикнување на практична примена на содржината на предметот	0,39905	
Примена на нови образовни технологии во наставната работа	0,15940	
Водење, поддршка или менторирање на студентите	0,31949	

Факторот на неконзистентност е еднаков на 1,026%, со што резултатите се повеќе од прифатливи за понатамошно процесирање.

Со процесирањето на податоците преку **синтезата** на моделот во однос на наставно-педагошките критериуми, имајќи го во предвид векторот на тежински коефициенти на соодветените критериуми = наставно-педагошки

критериуми за утврдување на квалитетот на наставата, се добива следната табела:

Табела 6.24. Синтетизиран модел – наставно-педагошка страна на студиска програма компјутерско инженерство и технологии

Table 6.24. Syntesized model – teaching-pedagogical aspect of the study program computer engineering and technologies

Предмет	Приоритет	Идеализирана вредност
Вовед во информатика, 1 семестар	0.020620	0.696495
Компјутерски електронски елементи, 1 семестар	0.017232	0.582056
Математика 1, 1 семестар	0.026816	0.905775
Основи на програмирање, 1 семестар	0.026835	0.906407
Дискретна математика, 1 семестар	0.029311	0.990049
Линеарна алгебра, 1 семестар	0.022961	0.775573
Дигитална логика, 2 семестар	0.023991	0.810342
Математика 2, 2 семестар	0.027624	0.933071
Објектно ориентирано програмирање, 2 семестар	0.029606	1
Алгебарски структури, 2 семестар	0.028501	0.962700
Информатика, 2 семестар	0.025608	0.864979
Архитектура на компјутери, 3 семестар	0.024660	0.832961
Софтверско инженерство, 3 семестар	0.022823	0.770912
Структури на податоци и алгоритми, 3 семестар	0.028286	0.955437
Веројатност и статистика, 3 семестар	0.027787	0.938583
Теорија на графови, 3 семестар	0.026147	0.883165
Бази на податоци, 4 семестар	0.028859	0.974775
Визуелно програмирање, 4 семестар	0.027298	0.922066
Компјутерски мрежи, 4 семестар	0.029088	0.982527
Оперативни системи, 4 семестар	0.024053	0.812443
Графика и визуелизација, 5 семестар	0.025092	0.847535
Интернет програмирање, 5 семестар	0.026135	0.882761
Теорија на информации, 5 семестар	0.026892	0.908350
Напредни алгоритми, 5 семестар	0.025778	0.870718
Системски софтвер, 5 семестар	0.026437	0.892963
Дигитално процесирање на сигнали, 6 семестар	0.027815	0.939515
Микрокомпјутерски системи, 6 семестар	0.026361	0.890390
Основи на операциски истражувања, 6 семестар	0.026020	0.878876
Развој на мобилни апликации, 6 семестар	0.026966	0.910824
Вештачка интелигенција, 7 семестар	0.028522	0.963398
Електронска комерција, 7 семестар	0.028708	0.969668
Управување и складирање на податоци, 7 семестар	0.024324	0.821598
Геоинформатика, 7 семестар	0.027177	0.917965
Безбедност на компјутерски системи, 7 семестар	0.027760	0.937656
Применето софтверско инженерство во реална средина, 7 семестар	0.028432	0.960370
Дистрибуирани компјутерски системи, 8 семестар	0.025866	0.873695
Информациски системи, 8 семестар	0.024827	0.838604
Машинско учење, 8 семестар	0.028780	0.972125

Во колоната приоритет се прикажани конечните тежински коефициенти на алтернативите, од каде што може да се заклучи кој/кои е/се најдобрите избори согласно параметрите кои до овој момент се користат во сумарната пресметка.

### **6.8.3. Развој на DEA модел и процесирање на податоци**

Резултатите кои се добиени со процесирањето на податоците преку механизмот и изградениот модел со примена на АНР се употребени во контекст на DEA моделот, со цел илустрација на можноста да се идентификуваат можните точки за оптимизација, како во поглед на содржинската, така и во поглед на наставно педагошката страна на студиската програма. Евалуациските прашалници се користени за да се добијат реални податоци кои понатаму ќе се процесираат со DEA. Дополнително на прашалниците, направено е обемно истражување и во однос на другите потребни податоци во контекст на DEA, како и претставување на тие податоци во форма соодветна на моделот. Сумарно, сите податоци се во целост реални и истите се прикажани во продолжение на овој труд, како параметри категоризирани како влезни или излезни параметри на продукциските единици на DEA, во чија функција се 38-те предмети од студиската програма Компјутерско инженерство и технологии, која е предмет на анализа.

За процесирањето со DEA е избран BCC (Banker, Charnes, Cooper,) VRS Variable Return to Scale моделот. VRS моделот е избран како резултат на непостоење на пропорционалност во промената на излезните параметри во однос на промената на влезните параметри со иста пропорција.

### **6.8.4. Содржински аспект на студиска програма**

Параметрите кои се анализирани како влијателни фактори на квалитетот се делат на влезни и излезни параметри, во зависност од тоа дали се работи за ресурси кои се вложуваат или резултати кои се испорачуваат во контекст на содржинскиот / суштинскиот аспект на студиската програма. Во тој контекст е направена следната категоризација на параметри:

- Влезни параметри – ресурси кои се инвестирани во насока на испорака на предвидената содржина на студиската програма:

- Финансиски средства за ангажман на наставниот и соработничкиот кадар;
- Финансиски средства за покривање на трошоци од аспект на материјални добра, инвентар, компјутерска опрема и друго;
- Работни часови за реализација на студиската програма како генеричка слика на инвестицијата;
- Излезни параметри – испорачани резултати во смисла на знаењата и вештините со кои студентите се стекнале со завршувањето на студиската програма:
  - Интегрално ниво на придонес на предметите кон предвидените квалификации, заедно со feedback-от од пазарот на труд во однос на реалната потреба од истите – **излезен параметар од АНР** и
  - Ниво на стекнатите квалификации кои биле предвидени со студиската програма во однос на секој предмет поединечно, во форма на просечната оценка која ја стекнала групата на студенти која го положила тој предмет.

На овој начин, излезните параметри се интеграција на одговорот на следните три многу важни прашања кои е потребно да се одговорат:

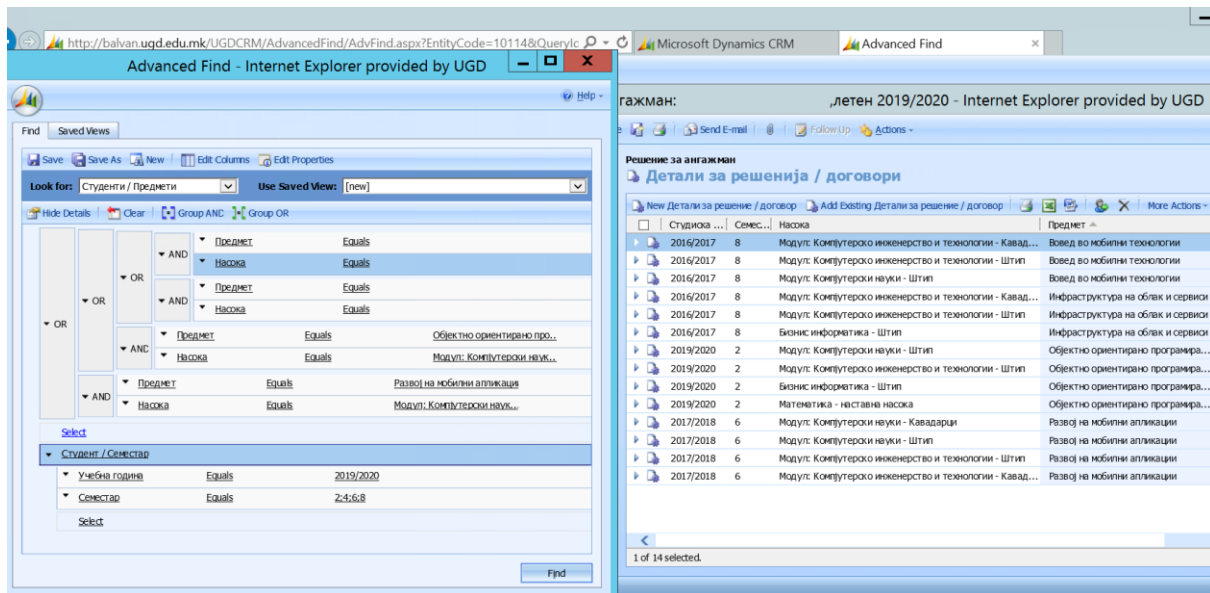
- Кои квалификации се стекнати?
- Колку овие квалификации се потребни?
- Со кое ниво/квалитет истите се стекнати?

Сите податоци кои се однесуваат на студентите, вработените, прогресот во звања, оптоварувањата, бројот на студентите низ студиските години, како и структурата на студиските програми се преземени од студентскиот информационален систем на Универзитетот.

#### **6.8.4.1. Влезен параметар – финансиски средства за ангажман на наставниот и соработничкиот кадар**

Пресметката на финансиските средства кои се потрошени за ангажман на наставниот и соработничкиот кадар е направена врз основа на следните појдовни точки:

- Анализирани се решенијата за ангажман на вработениот наставен и соработнички кадар, односно доколку се работи за хонорарно ангажиран кадар, анализирани се договорите за ангажман;
- Земена е во предвид тогашната позиција / звање на кадарот;
- Земена е во предвид бруто платата:
  - За вработените лица – средствата кои државата ги доделува и средствата од приватната сметка на Универзитетот, заедно со средства за сите останати давачки во бруто износ и
  - За хонорарно ангажираните лица – средствата кои Универзитетот ги исплати по основ на хонорар, во бруто износ (со вклучен персонален данок);
- Земено е во предвид оптоварувањето на кадарот, односно соодносот на студентите од студиската програма која е предмет на анализа во однос на сите други студенти од било кој ист по парност семестар во таа учебна година, односно предмети на кои тој кадар бил ангажиран во тој семестар, во корелација со бруто сумата за која бил ангажиран. Притоа, земени се во предвид само техничките факултети: Факултет за информатика, Факултет за природни и технички науки, Електротехнички факултет, Машински факултет и Технолошко технички факултет. Останатите предмети не се земени во предвид од причина што кај нив се работи исклучиво за универзитетски изборни предмети. Пример за системска процедура за лоцирање на предмети:



Слика 6.6. Студентски информациона систем  
Figure 6.6. Students' information system

- Трошокот е пресметан во период од 3 месеци, односно период во кој се случува ефективна настава / работа со студентите и испорака на предвидените знаења и вештини и
- Земени се во предвид сите измени на плати и надоместоци на плати за позициите во кои биле ангажирани наставниот и соработничкиот кадар во согласност со официјалните акти на Универзитетот, соодветно во учебните години и семестрите кога се реализирала студиската програма. Ова практично го отсликува и финансискиот и кариерниот прогрес на наставникот.

Финансиското оптоварување во однос на средствата по основ на плати и придонеси за кадарот кој е ангажиран на ниво на предмет е пресметано по следната формула (за секој предмет поединечно):

$$EE_{course} = \sum_{i \in Months} \left( \frac{TGE_i}{T_{TNSi}} * T_{NSi\ course} + \frac{AGE_i}{A_{TNSi}} * A_{NSi\ course} \right) \quad (6.1)$$

каде што:

$Months = \{Oct2017, Nov2017, Dec2017\}$  or  $\{Mar2018, Apr2018, May2018\}$   
 or  $\{Oct2018, Nov2018, Dec2018\}$  or  $\{Mar2019, Apr2019, May2019\}$  or  $\{Oct2019,$   
 $Nov2019, Dec2019\}$  or  $\{Mar2020, Apr2020, May2020\}$  or  $\{Oct2020,$

*Nov2020, Dec2020} or {Mar2021, Apr2021, May2021}*

$EE_{course}$  = *Engagement Expense for Course* го претставува вкупно финансиско оптоварување за соодветниот предмет;

$TGE_i$  = *Teacher Gross Expense in month = i* го претставува оптоварувањето по основ на бруто плата / трошоци за наставникот / професорот во соодветниот месец;

$T_{TNS}_i$  = *Teacher Total Number of Students in month = i* го претставува вкупниот број на студенти за кои наставникот имал ангажман во соодветниот месец, за сите предмети;

$T_{NS}_{i\ course}$  = *Teacher Number of Students in month = i for specific course* го претставува бројот на студенти за кои наставникот имал ангажман во соодветниот месец, за соодветниот предмет;

$AGE_i$  = *Associate Gross Expense in month = i* го претставува оптоварувањето по основ на бруто плата / трошоци за соработникот / асистентот во соодветниот месец;

$A_{TNS}_i$  = *Associate Total Number of Students in month = i* го претставува вкупниот број на студенти за кои соработникот имал ангажман во соодветниот месец, за сите предмети;

$A_{NS}_{i\ course}$  = *Associate Number of Students in month = i for specific course* го претставува бројот на студенти за кои соработникот имал ангажман во соодветниот месец, за соодветниот предмет.

Податоците се преземени од студентскиот информациона систем (модул за електронски индекс и модул за човечки ресурси) и од релевантните правни акти на Универзитетот. Резултантната табела е прикажана во продолжение.

Табела 6.25. Финансиско оптоварување по основ на плати и хонорари  
Table 6.25. Financial costs for salaries and fees

Предмет	Семестар	Бруто сума за ангажман на кадар (во денари)
Вовед во информатика	1	80752
Компјутерски електронски елементи	1	52616,71
Математика 1	1	60010,91
Основи на програмирање	1	94335,68
Дискретна математика	1	44799,04
Линеарна алгебра	1	47156,02
Дигитална логика	2	110157,8
Математика 2	2	73605,48
Објектно ориентирано програмирање	2	77465,27



Алгебарски структури	2	52167,85
Информатика	2	34243,51
Архитектура на компјутери	3	67980,57
Софтверско инженерство	3	22000,85
Структури на податоци и алгоритми	3	67011,18
Веројатност и статистика	3	23682,69
Теорија на графови	3	77855,94
Бази на податоци	4	30343,21
Визуелно програмирање	4	53503,38
Компјутерски мрежи	4	59585,63
Оперативни системи	4	130190,1
Графика и визуелизација	5	124492,7
Интернет програмирање	5	95480,18
Теорија на информации	5	64156,32
Напредни алгоритми	5	72570,05
Системски софтвер	5	132008,9
Дигитално процесирање на сигнали	6	104225,5
Микрокомпјутерски системи	6	44199,06
Развој на мобилни апликации	6	25840,2
Основи на операциски истражувања	6	42041,85
Безбедност на компјутерски системи	7	107909,8
Вештачка интелигенција	7	40558,1
Геоинформатика	7	24803,35
Електронска комерција	7	24687,54
Применето софтверско инженерство во реална средина	7	26108,79
Управување и складирање на податоци	7	33158,33
Дистрибуирани компјутерски системи	8	135507,9
Информациски системи	8	71423,36
Машинско учење	8	31316,2

#### **6.8.4.2. Влезен параметар - финансиски средства за покривање на трошоци од аспект на материјални добра, инвентар, компјутерска опрема и друго**

Во пресметката на финансиското оптоварување од аспект на материјалните добра, земени се во предвид следните појдовни точки и претпоставки:

- Елементи во однос на кои е сметано финансиското оптоварување се: маси/клучи и столчиња, компјутерски единици, телевизори и проектори;
- Земен е во предвид фактот што во периодот кој е предмет на анализа, не е набавувана нова опрема, така што утрошокот отпаѓа на стапката

на амортизација на претходно набавената опрема. Истата е пресметана согласно законската регулатива;

- Сметано е дека истиот инвентар и опрема е користен во текот на целото студирање;
- Бројот на достапните единици од материјални добра и опрема е преземен од елаборатите за акретидација на студиската програма, каде јасно е наведен обемот на овие ресурси;
- Под претпоставката дека целата оваа опрема е на располагање на студентите на Факултет за информатика, во периодот од учебна 2017/2018 до 2020/2021 година, направена е пресметка на амортизацијата која се однесува на студентите кои студирале на студиската програма која е предмет на анализа во однос на сите други студенти од овој факултет, на кои оваа опрема им била на располагање. Дополнително е претпоставено дека овие материјални добра и опрема им биле достапни само на студентите од овој факултет, согласно елаборатот за акредитација на студиската програма.

$$IEC_{course} = \frac{1}{2} * \left( \frac{NS_{course}}{TNS_{C,S}} * \left( \sum_{i \in (Table, Chair, Projector, Computer, LCD TV, Electronic Board)} PI_{i,course} * DR_i * P_i * NU_i \right) \right) \quad (6.2)$$

каде што:

$IEC_{course}$  = *Inventory and Equipment Cost for course* го претставува вкупниот трошок за инвентар и опрема за наведениот предмет;

$NS_{course}$  = *Number of Students for course* го претставува бројот на студенти кои го слушале предметот;

$TNS_{F,S}$  =

*Total Number of Students at the Campus and at the appropriate Semester* го претставува комплетниот број на активни студенти кои во тој семестар студирале на кампусот во кој се реализирала настаавата на факултетот за информатика, меѓутоа и на другите факултети и насоки кои егзистираат во тој кампус, од причина што Универзитетот на кој е правено истражувањето е

интегриран и ресурсите се достапни за сите студенти од сите факултети по потреба. Во пресметката не се земени во предвид студентите кои во наведените семестри имале статус апсолвент, од причина што во најголем процент истите формално регулирале апсолвентски семестри до завршувањето на студиите, без да слушаат презапишани предмети;

$PI_{i,course} = \text{Presence of Inventory } i \text{ for Course, } i \in$

(*Table, Chair, Projector, Computer*) го претставува индексот на користење на соодветниот инвентар или опрема, односно има соодветни вредности 1 (се користел) или 0 (не се користел);

$DR_i = \text{Depreciation Rate of Inventory } i$  ја претставува годишната стапка на амортизација на соодветниот инвентар / опрема (Уредба за номенклатура на средства за амортизација и годишни стапки, 2019);

$P_i = \text{Price of Inventory } i$  ја претставува набавната цена на соодветниот инвентар / опрема;

$NU_i = \text{Number of Units of Inventory } i$  го претставува бројот на единици од соодветниот инвентар / опрема кој е достапен (пропишан со елаборатот за акредитација) и

$\frac{1}{2}$  претставува фактор на множење кој го регулира утрошокот за половина година (во однос на вкупната стапка на амортизација).

Сите податоци се однесуваат само на Компјутерско инженерство и технологии – Штип, односно податоци добиени само за таа физичка локација. Табелата која се добива со пресметување на формулата наведена претходно за секој предмет е наведена во продолжение.

Табела 6.26. Финансиско оптоварување по основ на инвентар и опрема  
Table 6.26. Financial costs for inventory and equipment

Предмет	Семестар	Трошок (во денари)
Вовед во информатика	1	43596,09
Компјутерски електронски елементи	1	14273,74
Математика 1	1	14273,74
Основи на програмирање	1	14273,74
Дискретна математика	1	7136,868
Линеарна алгебра	1	7136,868
Дигитална логика	2	14351,18
Математика 2	2	14351,18
Објектно ориентирано програмирање	2	43832,63
Алгебарски структури	2	13326,1

Информатика	2	33396,29
Архитектура на компјутери	3	9820,275
Софтверско инженерство	3	9820,275
Структури на податоци и алгоритми	3	29993,94
Веројатност и статистика	3	9492,932
Теорија на графови	3	22995,36
Бази на податоци	4	33332,59
Визуелно програмирање	4	33332,59
Компјутерски мрежи	4	33332,59
Оперативни системи	4	10913,38
Графика и визуелизација	5	30107,43
Интернет програмирање	5	30107,43
Теорија на информации	5	30107,43
Напредни алгоритми	5	25647,07
Системски софтвер	5	22301,8
Дигитално процесирање на сигнали	6	36736,87
Микрокомпјутерски системи	6	36736,87
Развој на мобилни апликации	6	12716,61
Основи на операциски истражувања	6	33910,96
Безбедност на компјутерски системи	7	28186,39
Вештачка интелигенција	7	28186,39
Геоинформатика	7	23284,41
Електронска комерција	7	17156,93
Применето софтверско инженерство во реална средина	7	24509,9
Управување и складирање на податоци	7	12254,95
Дистрибуирани компјутерски системи	8	31915,08
Информациски системи	8	31915,08
Машинско учење	8	30527,47

#### 6.8.4.3. Влезен параметар – работни часови за реализација на студиската програма

Временската рамка за реализација на студиската програма во број на часови во смисла на контакт часови, часови за вежби и часови за студентска активност и практична настава претставува генерички влезен ресурс од аспект на времето потрошено за реализација на предвидените содржини, како и сите други ресурси кои може да се пресметуваат / чиј износ зависи од параметарот време, како на пример трошоци за струја, вода, трошоци за изнајмување на простории итн. Целта е во овој параметар да бидат опфатени сите параметри кои не се земени во предвид во другите влезни параметри на продукциската единица. Овој параметар е присутен во елаборатот за акредитација на студиските програми. Вкупниот број на работни часови се пресметува како:

$$NH_{Course} = 12 * (WL_{Course}GL_{Course} + WE_{Course}GE_{Course} + WP_{Course}GP_{Course}) \quad (6.3)$$

каде што:

$NH_{Course}$  = Number of Hours for Course го претставува вкупниот број на работни часови по предмет;

$WL_{Course}, WE_{Course}, WP_{Course}$  = Weekly Lectures, Exercises, Practical Lessons for Course се показатели на фондот на часови предвидени за контакт часови, часови за вежби и часови за студентска активност и практична настава неделно,  $GL_{Course}, GE_{Course}, GP_{Course}$  = Groups for Lectures, Exercises, Practical Lessons for Course се показатели на бројот на групи од студенти кои ги посетувале предавањата, вежбите и студентската активност и практична настава.

Пресметката е направена врз база на максималниот број на студенти кои се предвидени во група за секоја од трите категории: 120 за контакт часови, 50 за часови за аудиториски вежби и 20 за студентска активност и практична настава. Факторот 12 доаѓа од 12 работни недели во кои е предвидено да се реализираат сите потребни активности.

Табела 6.27. Должина на студиска програма  
Table 6.27. Time frame of study program

Предмет	Слушале (Број на студенти на КИТ 2017/2018)	Контакт часови	Групи	Часови за вежби	Групи	ЧСАПН	Групи	Вкупно часови
Вовед во информатика	46	2	1	2	1	1	2	72
Компјутерски електронски елементи	46	2	1	2	1	1	2	72
Математика 1	46	3	1	2	1	2	2	108
Основи на програмирање	46	2	1	2	1	1	2	72
Дискретна математика	23	2	1	1	1	1	2	60
Линеарна алгебра	23	2	1	1	1	1	2	60
Дигитална логика	42	2	1	2	1	1	2	72
Математика 2	42	2	1	2	1	1	2	72
Објектно ориентирано програмирање	42	2	1	2	1	1	2	72
Алгебарски структури	39	2	1	2	1	1	2	72
Информатика	32	0	1	0	1	4	2	96
Архитектура на компјутери	30	2	1	2	1	1	2	72
Софтверско инженерство	30	2	1	2	1	1	2	72
Структури на податоци и алгоритми	30	2	1	2	1	1	2	72
Веројатност и статистика	29	2	1	2	1	1	2	72

Теорија на графови	23	2	1	2	1	1	2	72
Бази на податоци	30	2	1	2	1	1	2	72
Визуелно програмирање	30	2	1	2	1	1	2	72
Компјутерски мрежи	30	2	1	2	1	1	2	72
Оперативни системи	30	2	1	2	1	1	2	72
Графика и визуелизација	27	2	1	2	1	1	2	72
Интернет програмирање	27	2	1	2	1	1	2	72
Теорија на информации	27	2	1	2	1	1	2	72
Напредни алгоритми	23	2	1	2	1	1	2	72
Системски софтвер	20	2	1	2	1	1	2	72
Дигитално процесирање на сигнали	26	2	1	2	1	1	2	72
Микрокомпјутерски системи	26	2	1	2	1	1	2	72
Развој на мобилни апликации	9	2	1	2	1	1	1	60
Основи на операциски истражувања	24	2	1	2	1	1	2	72
Безбедност на компјутерски системи	23	2	1	2	1	1	2	72
Вештачка интелигенција	23	2	1	2	1	1	2	72
Геоинформатика	19	2	1	2	1	1	1	60
Електронска комерција	14	2	1	2	1	1	1	60
Применето софтверско инженерство во реална средина	20	2	1	2	1	1	1	60
Управување и складирање на податоци	10	2	1	2	1	1	1	60
Дистрибуирани компјутерски системи	23	2	1	2	1	1	2	72
Информациски системи	23	2	1	2	1	1	2	72
Машинско учење	22	2	1	1	1	1	2	60

#### **6.8.4.4. Излезен параметар – индекс за ниво на придонес на предметите кон предвидените дескриптори на квалификација**

Излезниот резултат од примената на АНР техниката, каде со вкрстување на просечните нивоа на придонес на предметите кон предвидените дескриптори на квалификацијата добиени со спроведување на прашалниците кон студентите од една страна и приоритетот на тие дескриптори од гледна точка на пазарот на труд од друга страна и на тој начин се добиени индекси – показатели за секој предмет, претставува еден од двата излезни параметри во однос на моделот од аспект на техниката DEA. Ова е резултат кој го очекуваме на крај, со спроведувањето на студиската програма. Овие индекси се прикажани во табела 6.12 Синтетизиран модел – содржинска страна на студиска програма.

#### 6.8.4.5. Излезен параметар – ниво на стекнати знаења

Овој параметар се однесува на просечната оценка која студентите ја добиле во однос на секој од предметите кои се предмет на анализа. Основаноста лежи во фактот што оценката претставува јасен показател за тоа колку квалитетно (со кое ниво) студентот ги совладал предвидените содржини во секој предмет поединечно. На ниво на студиски клас / генерација, овој показател е генериран како просечна оценка од секој предмет поединечно. Вредностите се прикажани во следната табела.

Табела 6.28. Ниво на стекнати резултати (исходи) од учење  
Table 6.28. Level of acquired learning outcomes

Предмет	Семестар	Оцена
Вовед во информатика	1	7,28
Компјутерски електронски елементи	1	7,03
Математика 1	1	7,14
Основи на програмирање	1	7,35
Дискретна математика	1	6,76
Линеарна алгебра	1	7,67
Дигитална логика	2	7,52
Математика 2	2	7,47
Објектно ориентирано програмирање	2	7,89
Алгебарски структури	2	7,38
Информатика	2	8,63
Архитектура на компјутери	3	7,14
Софтверско инженерство	3	7,56
Структури на податоци и алгоритми	3	7,29
Веројатност и статистика	3	7,52
Теорија на графови	3	7,91
Бази на податоци	4	7,59
Визуелно програмирање	4	7,21
Компјутерски мрежи	4	6,81
Оперативни системи	4	6,96
Графика и визуелизација	5	7,71
Интернет програмирање	5	7,28
Теорија на информации	5	7,3
Напредни алгоритми	5	7,91
Системски софтвер	5	8,5
Дигитално процесирање на сигнали	6	7,23
Микрокомпјутерски системи	6	7,75
Развој на мобилни апликации	6	7,78
Основи на операциски истражувања	6	9,17
Безбедност на компјутерски системи	7	7,2
Вештачка интелигенција	7	8,24
Геоинформатика	7	10
Електронска комерција	7	9,69

Применето софтверско инженерство во реална средина	7	10
Управување и складирање на податоци	7	8
Дистрибуирани компјутерски системи	8	8,67
Информациски системи	8	7,65
Машинско учење	8	8,33

#### 6.8.5. Наставно-педагошки (методолошки) аспект на студиска програма

Слично како и во контекст на содржинскиот аспект на студиската програма, направена е анализа и избор на важни параметри кои го дефинираат квалитетот од аспект на начинот и карактеристиките кои го дефинираат процесот на испорака на знаењата, вештините и компетенциите преку спроведувањето на наставата. Во контекст на DEA, следните параметри се дефинирани како клучни:

- Влезни параметри – ресурси кои се инвестирани во насока на квалитетна испорака на предвидената содржина на студиската програма:
  - Финансиски средства за ангажман на наставниот кадар и
  - Искуство на наставниот кадар изразено во години;
- Излезни параметри – испорачани резултати во смисла на квалитетот на испораката на предвидените знаења и вештини во текот на студиската програма:
  - Ниво на придонес на секој од предметите кои се предмет на анализа во однос на критериумите кои се анализирани во контекст на квалитетот на наставата – **излезен параметар од АНР** и
  - Индекс – показател на истражувачката работа на наставникот / професорот како главен спроведувач и организатор на наставниот процес во однос на соодветниот предмет.

На овој начин се интегрирани одговорите на повеќе прашања кои се однесуваат на квалитетот на наставниот процес, организацијата, работата со студентите од една страна и нивото на професионален развој на наставникот / професорот од друга страна, поврзани преку моделот на DEA.

Податоците се преземени од студентскиот информационален систем и другите достапни бази на податоци наведени во продолжение.



### 6.8.5.1. Влезен параметар – финансиски средства за ангажман на наставниот кадар

Параметарот кој се однесува на средствата кои се инвестирани за ангажман на наставниот кадар поаѓа од фактот што една од основните (во многу случаи, најважна) мотивациски компоненти во ангажманот на лица во било кој работен процес е токму финансискиот пакет. Притоа, направена е претпоставка дека целокупната организација на наставно-педагошките активности е во рацете на наставникот, со што во овој аспект е земен само финансискиот аспект за ангажман на наставниот кадар. На ист начин како и претходно, земено е во предвид оптоварувањето на професорот / наставникот во рамките на тој семестар, во однос на сите други студенти за кои истиот бил ангажиран. Табелата е прикажана во продолжение.

Табела 6.29. Финансиско оптоварување по основ на плати на професори  
Table 6.29. Financial costs for salaries (teachers)

Предмет	Семестар	Бруто сума (во денари)
Вовед во информатика	1	51899,43
Компјутерски електронски елементи	1	52616,71
Математика 1	1	30775,39
Основи на програмирање	1	63790,72
Дискретна математика	1	34681,28
Линеарна алгебра	1	37038,26
Дигитална логика	2	68447,08
Математика 2	2	35894,37
Објектно ориентирано програмирање	2	50330,15
Алгебарски структури	2	52167,85
Информатика	2	34243,51
Архитектура на компјутери	3	45761,76
Софтверско инженерство	3	22000,85
Структури на податоци и алгоритми	3	47248,71
Веројатност и статистика	3	23682,69
Теорија на графови	3	77855,94
Бази на податоци	4	30343,21
Визуелно програмирање	4	53503,38
Компјутерски мрежи	4	59585,63
Оперативни системи	4	95692,50
Графика и визуелизација	5	124492,74
Интернет програмирање	5	74445,57
Теорија на информации	5	64156,32
Напредни алгоритми	5	54651,68
Системски софтвер	5	132008,89
Дигитално процесирање на сигнали	6	75087,58

Микрокомпјутерски системи	6	44199,06
Развој на мобилни апликации	6	18697,18
Основи на операциски истражувања	6	42041,85
Безбедност на компјутерски системи	7	88942,30
Вештачка интелигенција	7	40558,10
Геоинформатика	7	24803,35
Електронска комерција	7	24687,54
Применето софтверско инженерство во реална средина	7	26108,79
Управување и складирање на податоци	7	33158,33
Дистрибуирани компјутерски системи	8	114396,25
Информациски системи	8	71423,36
Машинско учење	8	31316,20

### 6.8.5.2. Влезен параметар – искуство во години

Вториот влезен параметар се однесува на искуството на наставникот изразено во години. Во рамките на овој параметар се агрегирани повеќе аспекти кои се однесуваат на сите ресурси кои се вложени во градењето на професионалната страна на наставникот (време, средства, научна работа, работење со студенти итн.), за кои е логична претпоставката дека поголеми нивоа на вложени ресурси кои го опишуваат искуството на наставникот во години ќе побарува и подобри резултати. Само на овој начин, квалитетот кој во овој случај би бил пресметан, би бил на повисоко ниво. Притоа, времето / искуството во години е пресметано во следната рамка:

- Почетен момент – годината на стекнување со докторска титула (под претпоставка дека во истата година, лицето започнува со активности како наставник / професор);
- Краен момент – годината во која се реализирала наставата за предметот кој е предмет на анализа.

Табелата е прикажана во продолжение.

Табела 6.30. Искуство на наставен кадар  
Table 6.30. Experience of teachers

Предмет	Семестар	Искуство во години
Вовед во информатика	1	8,591780822
Компјутерски електронски елементи	1	3,750684932
Математика 1	1	11,22739726
Основи на програмирање	1	12,74520548
Дискретна математика	1	0,654794521
Линеарна алгебра	1	5,210958904

Дигитална логика	2	6,356164384
Математика 2	2	11,56438356
Објектно ориентирано програмирање	2	13,10136986
Алгебарски структури	2	0,991780822
Информатика	2	4,854794521
Архитектура на компјутери	3	7,019178082
Софтверско инженерство	3	9,591780822
Структури на податоци и алгоритми	3	13,76438356
Веројатност и статистика	3	12,22739726
Теорија на графови	3	2,887671233
Бази на податоци	4	14,10136986
Визуелно програмирање	4	9,4
Компјутерски мрежи	4	9,030136986
Оперативни системи	4	1,169863014
Графика и визуелизација	5	10,0630137
Интернет програмирање	5	8,221917808
Теорија на информации	5	3,887671233
Напредни алгоритми	5	3,887671233
Системски софтвер	5	4,750684932
Дигитално процесирање на сигнали	6	4,224657534
Микрокомпјутерски системи	6	15,08219178
Развој на мобилни апликации	6	10,4
Основи на операциски истражувања	6	6,854794521
Безбедност на компјутерски системи	7	10,69589041
Вештачка интелигенција	7	15,76712329
Геоинформатика	7	7,520547945
Електронска комерција	7	15,76712329
Применето софтверско инженерство во реална средина	7	7,520547945
Управување и складирање на податоци	7	5,753424658
Дистрибуирани компјутерски системи	8	6,090410959
Информациски системи	8	9,561643836
Машинско учење	8	16,10410959

### **6.8.5.3. Излезен параметар – ниво на придонес на предметите кон критериумите за квалитет на наставата**

Излезниот резултат од примената на АНР техниката, каде со вкрстување на просечните нивоа на придонес на предметите кон критериумите за оценување на квалитет на наставно-педагошкиот аспект на наставата по предмети, добиени со спроведување на прашалниците кон студентите од една страна и приоритетот на тие критериуми од гледна точка на студентите од друга страна и на тој начин се добиени индекси – показатели за секој предмет, претставува еден од двата излезни параметри во однос на моделот од аспект

на техниката DEA. Ова е резултат кој го очекуваме на крај, со спроведувањето на студиската програма. Овие индекси се прикажани во табела 6.18  
Синтетизиран модел – наставно-педагошка страна на студиска програма

#### 6.8.5.4. Излезен параметар – генерална оценка на квалитетот на наставно-педагошките активности на ниво на предмет

Освен параметрите за кои е направено деталзирање во описот, а што се однесува на четирите внимателно избрани критериуми за оценување на наставно-педагошката дејност во рамките на секој предмет поединечно, дополнително е избран уште еден излезен параметар, преземен од студентскиот информационален систем на Универзитетот, а кој е во форма на генерална оценка од студентите во однос на секој од предметите. Оваа оценка се внесува на крајот на секој семестар, како сумарна оценка за форматот на наставата, активностите и оценувањето од наставникот кон студентот. Бидејќи се работи за генерална оценка, во ова истражување е претпоставено дека со оваа оценка се опфатени и сите други компоненти и аспекти на оценување на наставно-педагошката страна на наставата. Табелата е во прилог.

Табела 6.31. Генерална оценка на квалитет на настава  
Table 6.31. General assessment of teaching quality

Предмет	Семестар	Оцена од студент
Вовед во информатика	1	10
Компјутерски електронски елементи	1	10
Математика 1	1	9,6
Основи на програмирање	1	7,66
Дискретна математика	1	5
Линеарна алгебра	1	7,66
Дигитална логика	2	10
Математика 2	2	9,5
Објектно ориентирано програмирање	2	10
Алгебарски структури	2	9
Информатика	2	9
Архитектура на компјутери	3	9
Софтверско инженерство	3	9,41
Структури на податоци и алгоритми	3	9,8
Веројатност и статистика	3	7,83
Теорија на графови	3	9,25
Бази на податоци	4	9
Визуелно програмирање	4	8,625
Компјутерски мрежи	4	8,875

Оперативни системи	4	7,428
Графика и визуелизација	5	8
Интернет програмирање	5	8,33
Теорија на информации	5	10
Напредни алгоритми	5	8
Системски софтвер	5	10
Дигитално процесирање на сигнали	6	10
Микрокомпјутерски системи	6	10
Развој на мобилни апликации	6	7,5
Основи на операциски истражувања	6	10
Безбедност на компјутерски системи	7	8,6
Вештачка интелигенција	7	8,6
Геоинформатика	7	8,3
Електронска комерција	7	10
Применето софтверско инженерство во реална средина	7	7,5
Управување и складирање на податоци	7	8,25
Дистрибуирани компјутерски системи	8	7,25
Информациони системи	8	7,5
Машинско учење	8	10

#### **6.8.5.5. Излезен параметар – индекс за научно-истражувачката работа на кадарот – организатор на активностите**

Во рамките на овој параметар е интегрирана научно-истражувачката работа на кадарот кој е одговорен за предметот. Основаноста поаѓа од фактот што вложувањето на ресурсите за подобрување на наставно-педагошката дејност се развива во паралела со научно-истражувачката страна на наставникот, во смисла на публикации, трудови, издадени книги или делови од книги, проекти, семинари, монографии, стручна комуникација и друго во поглед на кадарот, а што е во паралела со повисокото ниво на целокупната испорака на предвидените знаења кон студентите. Податоците се преземени од репозиториумот како податочна база на Универзитетот, за вработените на институцијата, со оглед на фактот што објавувањето на научно-истражувачката работа од страна на вработениот кадар на институцијата е поврзано со кариерниот прогрес. За наставниците кои не се вработени, податоците се преземени од отворени податочни бази како Google Scholar и Research Gate. Конечниот параметар е индекс на научно-истражувачка дејност (НИД). Табелата е во прилог.

Табела 6.32. Индекс за научно-истражувачка дејност  
Table 6.32. Index for research

Предмет	Семестар	Индекс на НИД
Вовед во информатика	1	80
Компјутерски електронски елементи	1	35
Математика 1	1	117
Основи на програмирање	1	62
Дискретна математика	1	17
Линеарна алгебра	1	93
Дигитална логика	2	65
Математика 2	2	117
Објектно ориентирано програмирање	2	30
Алгебарски структури	2	17
Информатика	2	168
Архитектура на компјутери	3	65
Софтверско инженерство	3	80
Структури на податоци и алгоритми	3	30
Веројатност и статистика	3	117
Теорија на графови	3	58
Бази на податоци	4	30
Визуелно програмирање	4	143
Компјутерски мрежи	4	75
Оперативни системи	4	37
Графика и визуелизација	5	143
Интернет програмирање	5	91
Теорија на информации	5	58
Напредни алгоритми	5	58
Системски софтвер	5	31
Дигитално процесирање на сигнали	6	58
Микрокомпјутерски системи	6	62
Развој на мобилни апликации	6	143
Основи на операциски истражувања	6	168
Безбедност на компјутерски системи	7	75
Вештачка интелигенција	7	30
Геоинформатика	7	168
Електронска комерција	7	30
Применето софтверско инженерство во реална средина	7	168
Управување и складирање на податоци	7	31
Дистрибуирани компјутерски системи	8	31
Информациски системи	8	91
Машинско учење	8	30

### 6.8.6. Сумарен DEA модел за содржинска страна на студиска програма

Податоците за сите влезови и излези, интегрирани согласно принципите на DEA за содржинската страна на студиската програма се прикажани во следната табела:

Табела 6.33. Сумарен DEA модел – содржинска страна (КИТ)  
Table 6.33. Summary DEA model – content aspect (CET)

Финансиски средства за кадар	Финансиски средства за инвентар и опрема	Време траење	Предмет	ИПППК	НСК
				Влезни параметри	Излезни параметри
			Decision Making Units (DMUs)		
80752	43596,09	72	Вовед во информатика	0.716203	7,28
52616,71	14273,74	72	Компјутерски електронски елементи	0.516347	7,03
60010,91	14273,74	108	Математика 1	0.865831	7,14
94335,68	14273,74	72	Основи на програмирање	0.957607	7,35
44799,04	7136,87	60	Дискретна математика	0.879632	6,76
47156,02	7136,87	60	Линеарна алгебра	0.747498	7,67
110157,8	14351,18	72	Дигитална логика	0.733937	7,52
73605,48	14351,18	72	Математика 2	0.868287	7,47
77465,27	43832,63	72	Објектно ориентирано програмирање	0.986845	7,89
52167,85	13326,10	72	Алгебарски структури	0.864179	7,38
34243,51	33396,29	96	Информатика	0.882107	8,63
67980,57	9820,27	72	Архитектура на компјутери	0.785030	7,14
22000,85	9820,27	72	Софтверско инженерство	0.731347	7,56
67011,18	29993,94	72	Структури на податоци и алгоритми	0.931819	7,29
23682,69	9492,93	72	Веројатност и статистика	0.862558	7,52
77855,94	22995,36	72	Теорија на графови	0.792632	7,91
30343,21	33332,59	72	Бази на податоци	0.991905	7,59
53503,38	33332,59	72	Визуелно програмирање	0.924583	7,21
59585,63	33332,59	72	Компјутерски мрежи	0.901055	6,81
130190,1	10913,38	72	Оперативни системи	0.794420	6,96
124492,7	30107,43	72	Графика и визуелизација	0.872060	7,71
95480,18	30107,43	72	Интернет програмирање	0.885067	7,28
64156,32	30107,43	72	Теорија на информации	0.792863	7,3
72570,05	25647,07	72	Напредни алгоритми	0.790653	7,91
132008,9	22301,80	72	Системски софтвер	0.803542	8,5
104225,5	36736,87	72	Дигитално процесирање на сигнали	0.863978	7,23
44199,06	36736,87	72	Микрокомпјутерски системи	0.820863	7,75
25840,2	12716,61	60	Развој на мобилни апликации	0.762482	7,78
42041,85	33910,96	72	Основи на операциски истражувања	0.992183	9,17
107909,8	28186,39	72	Безбедност на компјутерски системи	1	7,2
40558,1	28186,39	72	Вештачка интелигенција	0.982755	8,24

24803,35	23284,41	60	Геоинформатика	0.834590	10
24687,54	17156,93	60	Електронска комерција	0.848776	9,69
26108,79	24509,90	60	Применето софтверско инженерство во реална средина	0.932677	10
33158,33	12254,95	60	Управување и складирање на податоци	0.875148	8
135507,9	31915,08	72	Дистрибуирани компјутерски системи	0.813470	8,67
71423,36	31915,08	72	Информациски системи	0.710534	7,65
31316,2	30527,47	60	Машинско учење	0.979779	8,33

ИПППК - индекс на придонес на предметите кон предвидените квалификации.  
НСК - ниво на стекнати квалификации.

### 6.8.7. Сумарен DEA модел за наставно-педагошка страна на студиска програма

Податоците за сите влезови и излези, интегрирани согласно принципите на DEA за наставно-педагошката страна на студиската програма се прикажани во следната табела.

Табела 6.34. Сумарен DEA модел – наставно-педагошка страна (КИТ)  
Table 6.34. Summary DEA model – teaching-pedagogical aspect (CET)

Финансиска сума за кадар	Искуство во години	Предмет	ИППКН	ГОНПА	ИНИД
Влезни параметри		Decision Making Units (DMUs)	Излезни параметри		
51899,43	8,59	Вовед во информатика	0.696495	10	80
52616,71	3,75	Компјутерски електронски елементи	0.582056	10	35
30775,39	11,23	Математика 1	0.905775	9,6	117
63790,72	12,75	Основи на програмирање	0.906407	7,66	62
34681,28	0,65	Дискретна математика	0.990049	5	17
37038,26	5,21	Линеарна алгебра	0.775573	7,66	93
68447,08	6,36	Дигитална логика	0.810342	10	65
35894,37	11,56	Математика 2	0.933071	9,5	117
50330,15	13,10	Објектно ориентирано програмирање	1	10	30
52167,85	0,99	Алгебарски структури	0.962700	9	17
34243,51	4,85	Информатика	0.864979	9	168
45761,76	7,02	Архитектура на компјутери	0.832961	9	65
22000,85	9,59	Софтверско инженерство	0.770912	9,41	80
47248,71	13,76	Структури на податоци и алгоритми	0.955437	9,8	30
23682,69	12,23	Веројатност и статистика	0.938583	7,83	117
77855,94	2,89	Теорија на графови	0.883165	9,25	58
30343,21	14,10	Бази на податоци	0.974775	9	30



53503,38	9,40	Визуелно програмирање	0.922066	8,625	143
59585,63	9,03	Компјутерски мрежи	0.982527	8,875	75
95692,50	1,17	Оперативни системи	0.812443	7,428	37
124492,74	10,06	Графика и визуелизација	0.847535	8	143
74445,57	8,22	Интернет програмирање	0.882761	8,33	91
64156,32	3,89	Теорија на информации	0.908350	10	58
54651,68	3,89	Напредни алгоритми	0.870718	8	58
132008,89	4,75	Системски софтвер	0.892963	10	31
75087,58	4,22	Дигитално процесирање на сигнали	0.939515	10	58
44199,06	15,08	Микрокомпјутерски системи	0.890390	10	62
18697,18	10,40	Развој на мобилни апликации	0.878876	7,5	143
42041,85	6,85	Основи на операциски истражувања	0.910824	10	168
88942,30	10,70	Безбедност на компјутерски системи	0.963398	8,6	75
40558,10	15,77	Вештачка интелигенција	0.969668	8,6	30
24803,35	7,52	Геоинформатика	0.821598	8,3	168
24687,54	15,77	Електронска комерција	0.917965	10	30
26108,79	7,52	Применето софтверско инженерство во реална средина	0.937656	7,5	168
33158,33	5,75	Управување и складирање на податоци	0.960370	8,25	31
114396,25	6,09	Дистрибуирани компјутерски системи	0.873695	7,25	31
71423,36	9,56	Информациски системи	0.838604	7,5	91
31316,20	16,10	Машинско учење	0.972125	10	30

ИППККН - индекс на придонес на предметите кон критериумите за квалитет во наставата (наставно-педагошката страна на студиската програма).

ГОНПА - генерална оценка на наставно педагошките активности.

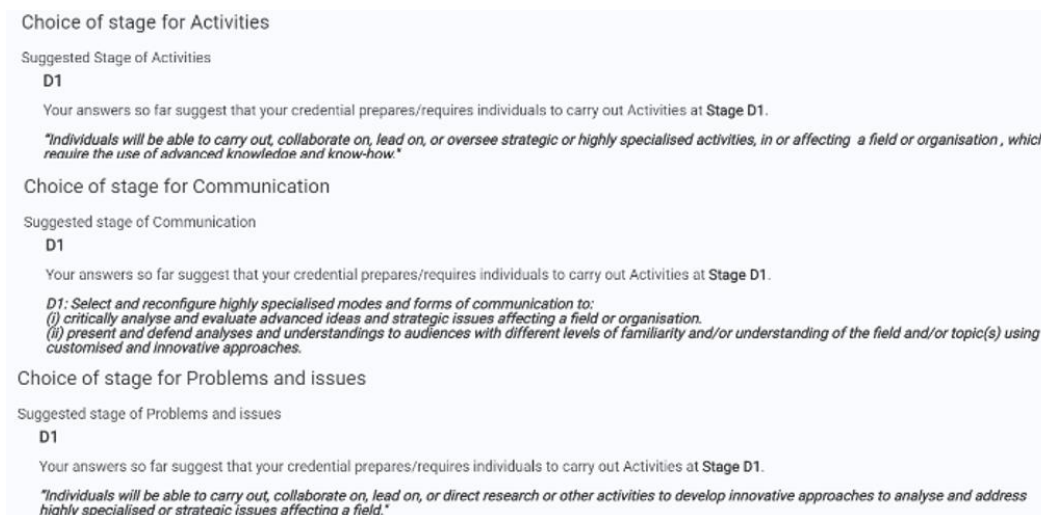
ИНИД – индекс на научно-истражувачка дејност.

## 7. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Во однос на добиените резултати од примената на алатката WRL и моделот за евалуација на студиски програми предложен во оваа дисертација може да се дадат толкувања на неколку нивоа.

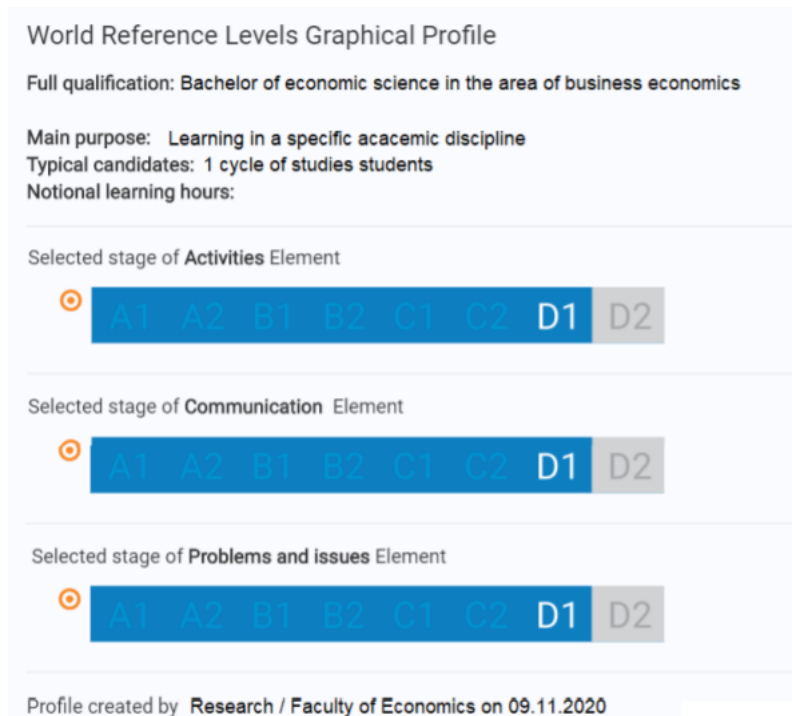
### 7.1. Резултати од примена на World Reference Level алатката за студиската програма Бизнес економија

Со примена на алатката WLR на студиската програма Бизнес економија, Економски факултет, Универзитет „Гоце Делчев“- Штип (2020), прв циклус на студии, истата овозможи генерирање на краен резултат кој е прикажан на следната слика:



Слика 7.1. Општи WRL дескриптори  
Figure 7.1. General WRL descriptors

На крајот е генериран конечен графички извештај, кој е прикажан на следната слика:



Слика 7.2. Конечен WRL извештај  
 Figure 7.2. Final WRL report

Од извештајот, јасно се гледа дека сите три дескриптори кои беа предмет на евалуација во овој случај, со алатката се преведени и одговараат на ниво D1, со соодветно објаснување за секое од нив.

**Активности** – Индивидуата ќе биде способна да реализира, соработува, раководи и надгледува стратешки или високоспецијализирани активности, внатре или влијателни на организацијата, кои бараат напредни познавања (искуства и знаења).

**Комуникација** – Способност за избор и учество во форми на комуникација од високо ниво: 1) критичка анализа и проценка на напредни идеи и стратешки прашања кои се од интерес за организацијата и 2) презентира и рани анализи и разбирања кон засегнатите страни кои се со различни нивоа на знаење и разбирање од областа, со примена на прилагодени и иновативни пристапи.

**Проблеми и прашања** – Индивидуата ќе биде способна да реализира, соработува, управува или директно истражува, односно реализира други активности во правец на развој на иновативни пристапи за анализа и адресирање на стратешки прашања и проблеми од соодветната област.

Во консултација со кадарот и управата на факултетот соодветно на студиската програма, добиени се информации дека процентот на поклопување на крајниот

резултат со реалноста според нивната перцепција е помеѓу 70 и 80 проценти, со што нивото на точност на алатката е мошне прецизно.

## 7.2. Евалуација на студиска програма Турски јазик и книжевност

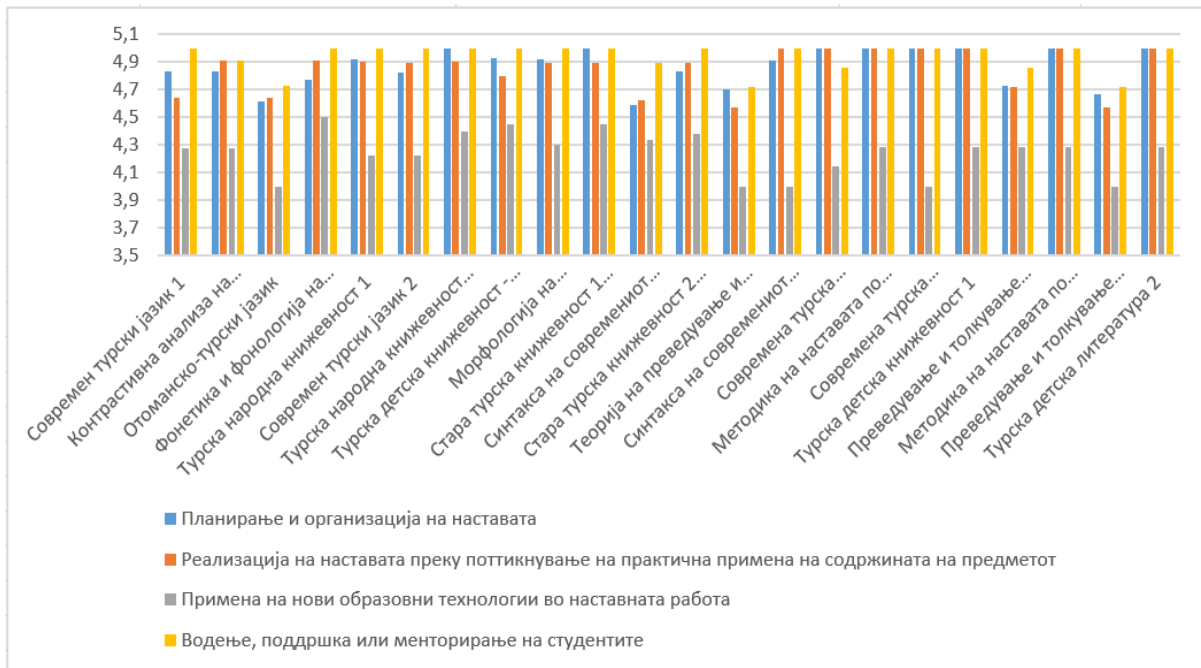
Во однос на евалуацијата на студиската програма Турски јазик и книжевност, може да се направи подредување на предметите во однос на секој од критериумите од методолошка природа поединечно:

Табела 7.1. Сортирање на резултати по поединечни наставно-педагошки критериуми и просечен сумарен индекс (ТЈК)

Table 7.1. Results sorting based on individual teaching-pedagogical criteria and average overall index (TLL)

ОК - Знаење и разбирање		ОК - Способност за проценка		СК - Примена на знаење и разбирање		СК - Вештини на учење		Сумарен резултат	
Предмет	Коефициент	Предмет	Коефициент	Предмет	Коефициент	Предмет	Коефициент	Предмет	Просечен коефициент
Турска народна книжевност 2 (исламски период)	5	Синтакса на современиот турски јазик 2	5	Фонетика и фонологија на современиот турски јазик 2	4,5	Современ турски јазик 1	5	Стара турска книжевност 1 (11-15 век)	4,8333 33333
Стара турска книжевност 1 (11-15 век)	5	Современа турска книжевност 1 (танзиматски и посттанзиматски и период)	5	Турска детска книжевност - Вовед 2	4,4444 4444	Фонетика и фонологија на современиот турски јазик 2	5	Турска народна книжевност 2 (исламски период)	4,825
Современа турска книжевност 1 (танзиматски и посттанзиматски и период)	5	Методика на наставата по турски јазик и книжевност 1	5	Стара турска книжевност 1 (11-15 век)	4,4444 4444	Турска народна книжевност 1	5	Методика на наставата по турски јазик и книжевност 1	4,8214 28571
Методика на наставата по турски јазик и книжевност 1	5	Современа турска книжевност 2 (републикански период и потоа)	5	Турска народна книжевност 2 (исламски период)	4,4	Современ турски јазик 2	5	Методика на наставата по турски јазик и книжевност 2	4,8214 28571
Современа турска книжевност 2 (републикански период и потоа)	5	Турска детска книжевност 1	5	Стара турска книжевност 2 (16-18 век)	4,375	Турска народна книжевност 2 (исламски период)	5	Турска детска книжевност 1	4,8214 28571
Турска детска книжевност 1	5	Методика на наставата по турски јазик и книжевност 2	5	Синтакса на современиот турски јазик 1	4,3333 3333	Турска детска книжевност - Вовед 2	5	Турска детска литература 2	4,8214 28571
Методика на наставата по турски јазик и книжевност 2	5	Турска детска литература 2	5	Морфологија на современиот турски јазик 2	4,3	Морфологија на современиот турски јазик 2	5	Фонетика и фонологија на современиот турски јазик 2	4,7945 8042
Турска детска литература 2	5	Контрастивна анализа на македонскиот и турскиот јазик	4,9090 909	Методика на наставата по турски јазик и книжевност 1	4,2857 4286	Стара турска книжевност 1 (11-15 век)	5	Турска детска книжевност - Вовед 2	4,7918 80342
Турска детска книжевност - Вовед 2	4,9230 76923	Фонетика и фонологија на современиот турски јазик 2	4,9090 909	Турска детска книжевност 1	4,2857 4286	Стара турска книжевност 2 (16-18 век)	5	Морфологија на современиот турски јазик 2	4,7763 88889
Турска народна книжевност 1	4,9166 667	Турска народна книжевност 1	4,9	Преведување и толкување на текстови од турски на македонски јазик	4,2857 4286	Синтакса на современиот турски јазик 2	5	Стара турска книжевност 2 (16-18 век)	4,7743 05556

Морфологија на современиот турски јазик 2	4,916666 667	Турска народна книжевност 2 (исламски период)	4,9	Методика на наставата по турски јазик и книжевност 2	4,28571 4286	Методика на наставата по турски јазик и книжевност 1	5	Турска народна книжевност 1	4,7597 22222
Синтакса на современиот турски јазик 2	4,909090 909	Современ турски јазик 2	4,888888 889	Турска детска литература 2	4,28571 4286	Современа турска книжевност 2 (републикански период и потоа)	5	Современа турска книжевност 1 (танзиматски и посттанзиматски период)	4,75
Современ турски јазик 1	4,833333 333	Морфологија на современиот турски јазик 2	4,888888 889	Современ турски јазик 1	4,27272 7273	Турска детска книжевност 1	5	Современа турска книжевност 2 (републикански период и потоа)	4,75
Контрастивна анализа на македонскиот и турскиот јазик	4,833333 333	Стара турска книжевност 1 (11-15 век)	4,888888 889	Контрастивна анализа на македонскиот и турскиот јазик	4,27272 7273	Методика на наставата по турски јазик и книжевност 2	5	Современ турски јазик 2	4,7323 23232
Стара турска книжевност 2 (16-18 век)	4,833333 333	Стара турска книжевност 2 (16-18 век)	4,888888 889	Турска народна книжевност 1	4,22222 2222	Турска детска литература 2	5	Контрастивна анализа на македонскиот и турскиот јазик	4,7310 60606
Современ турски јазик 2	4,818181 818	Турска детска книжевност - Вовед 2	4,8	Современ турски јазик 2	4,22222 2222	Контрастивна анализа на македонскиот и турскиот јазик	4,909090 909	Синтакса на современиот турски јазик 2	4,7272 72727
Фонетика и фонологија на современиот турски јазик 2	4,769230 769	Преведување и толкување на текстови од турски на македонски јазик	4,714285 714	Современа турска книжевност 1 (танзиматски и посттанзиматски период)	4,14285 7143	Синтакса на современиот турски јазик 1	4,888888 889	Современ турски јазик 1	4,6856 06061
Преведување и толкување на текстови од турски на македонски јазик	4,727272 727	Современ турски јазик 1	4,636363 636	Отоманско-турски јазик	4	Современа турска книжевност 1 (танзиматски и посттанзиматски период)	4,857142 857	Преведување и толкување на текстови од турски на македонски јазик	4,6461 03896
Теорија на преведување и толкување 1	4,7	Отоманско-турски јазик	4,636363 636	Теорија на преведување и толкување 1	4	Преведување и толкување на текстови од турски на македонски јазик	4,857142 857	Синтакса на современиот турски јазик 1	4,6076 38889
Преведување и толкување на текстови од македонски на турски јазик	4,666666 667	Синтакса на современиот турски јазик 1	4,625	Синтакса на современиот турски јазик 2	4	Отоманско-турски јазик	4,727272 727	Теорија на преведување и толкување 1	4,4964 28571
Отоманско-турски јазик	4,615384 615	Теорија на преведување и толкување 1	4,571428 571	Современа турска книжевност 2 (републикански период и потоа)	4	Теорија на преведување и толкување 1	4,714285 714	Отоманско-турски јазик	4,4947 55245
Синтакса на современиот турски јазик 1	4,583333 333	Преведување и толкување на текстови од македонски на турски јазик	4,571428 571	Преведување и толкување на текстови од македонски на турски јазик	4	Преведување и толкување на текстови од македонски на турски јазик	4,714285 714	Преведување и толкување на текстови од македонски на турски јазик	4,4880 95238



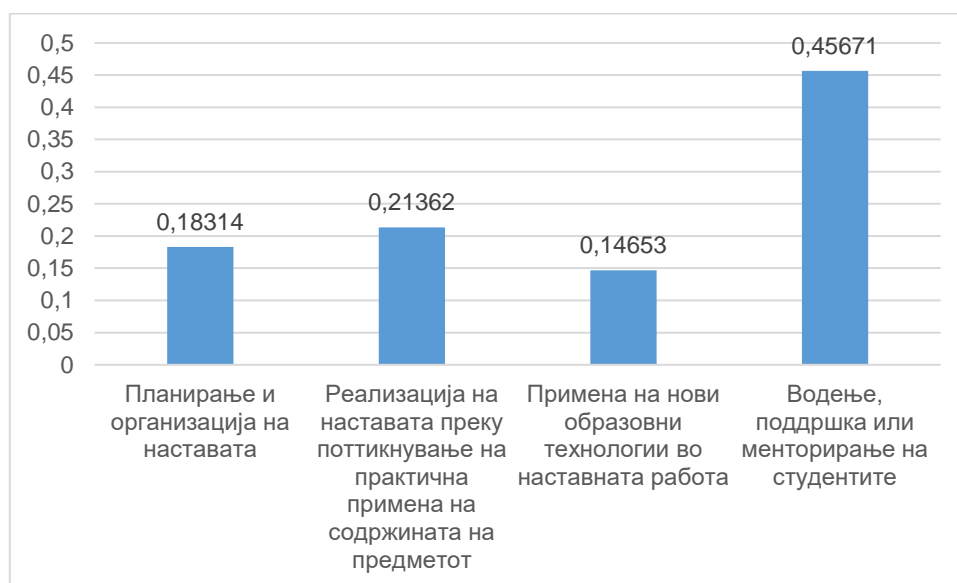
Слика 7.3. Кумулативен графички приказ на придонес на предмети по поединечни критериуми (ТЈК)  
 Figure 7.3. Cumulative graphical presentation of the contributions of subjects by individual criteria (TLL)

Од добиените резултати може да се донесат следните заклучоци:

- Во однос на критериум 1 – планирање и организација на наставата, неколку предмети имаат просечна највисока оценка: Турска народна книжевност 2 (исламски период), Стара турска книжевност 1 (11-15 век), Современа турска книжевност 1 (танзиматски и посттанзиматски период), Методика на наставата по турски јазик и книжевност 1, Современа турска книжевност 2 (републикански период и потоа), Турска детска книжевност 1, Методика на наставата по турски јазик и книжевност 2 и Турска детска литература 2.
- Во однос на општата критериум 2 – реализација на наставата преку поттикнување на практична примена на содржината на предметот, неколку предмети се оценети со просечна највисока оценка: Синтакса на современиот турски јазик 2, Современа турска книжевност 1 (танзиматски и посттанзиматски период), Методика на наставата по турски јазик и книжевност 1, Современа турска книжевност 2 (републикански период и потоа), Турска детска книжевност 1, Методика на наставата по турски јазик и книжевност 2 и Турска детска литература 2.

- Во однос на критериум 3 – примена на нови образовни технологии во наставната работа, најдобро оценет предмет е Фонетика и фонологија на современиот турски јазик 2 – 4,5;
- Во однос на критериум 4 – водење, поддршка или менторирање на студентите, дури 15 предмети се оценети со највисока оценка, што укажува на тоа дека наставниот кадар кој е ангажиран на оваа студиска програма, применува соодветни техники за работа со студентите кои овозможуваат индивидуален пристап и посветување на време и ресурси;
- Во однос на просекот од просечните оцени, највисоко е рангиран предметот Стара турска книжевност 2 (16-18 век) – 4,83.

Со вкрстување на овие податоци со векторот на тежински коефициенти во однос на методолошките критериуми на студиската програма (вредности на векторот прикажани на следната слика):



Слика 7.4 Графички приказ на приоритети во однос на критериуми за квалитетна настава (ТЈК)

Figure 7.4. Graphical representation of criteria regarding quality in teaching (TLL)

се добива конечната листа на приоритети – синтетизираниот модел, односно алтернативи со тежински коефициенти според кои може да се направи конечниот избор согласно АНР. Во овој случај, алтернативите се всушност предметите во рамките на студиската програма, со тежиште на нивната наставно-педагошка страна.





Табела 7.2. Сортирање на резултати по поединечни дескриптори на квалификација и просечен сумарен индекс (КИТ)

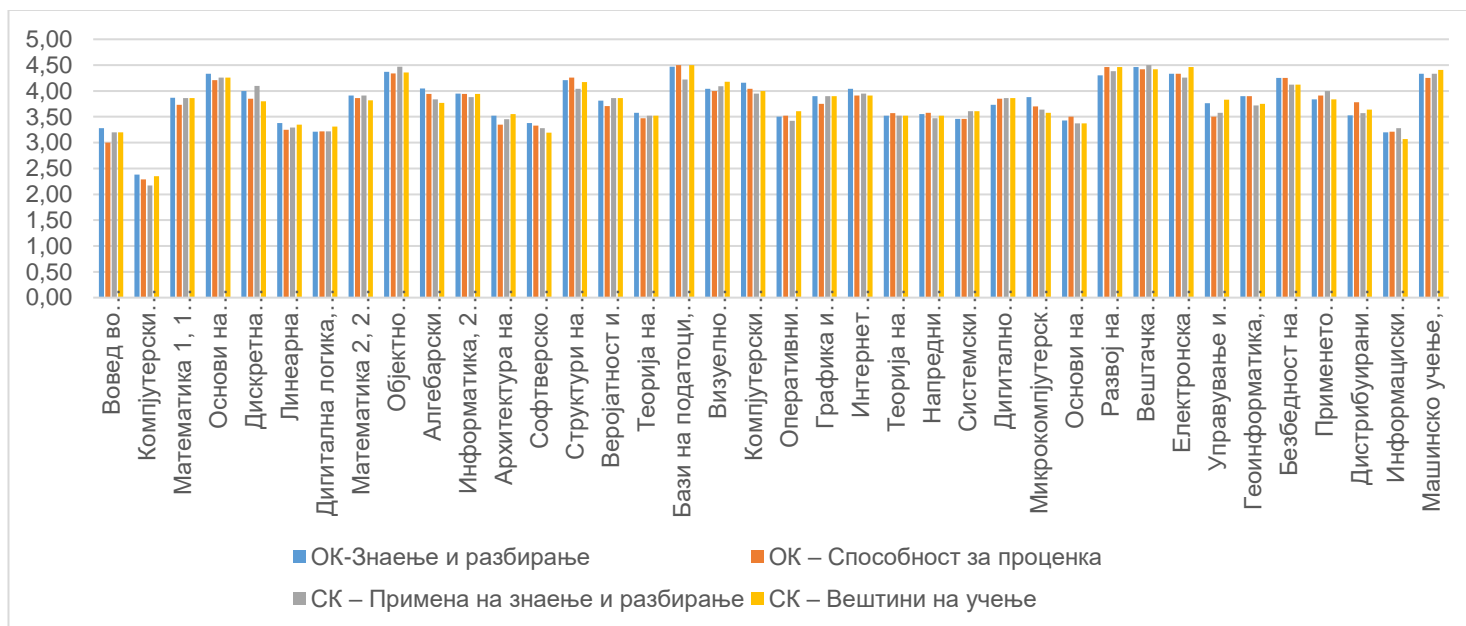
Table 7.2. Results sorting based on individual qualifications descriptors and average overall index (CET)

ОК - Знаење и разбирање		ОК - Способност за проценка		СК - Примена на знаење и разбирање		СК - Вештини на учење		Сумарен резултат	
Предмет	Коефициент	Предмет	Коефициент	Предмет	Коефициент	Предмет	Коефициент	Предмет	Просечен коефициент
Бази на податоци, 4 семестар	4,47826087	Бази на податоци, 4 семестар	4,5	Вештачка интелигенција, 7 семестар	4,5	Бази на податоци, 4 семестар	4,5	Вештачка интелигенција, 7 семестар	4,455952381
Вештачка интелигенција, 7 семестар	4,466666667	Развој на мобилни апликации, 6 семестар	4,461538462	Објектно ориентирано програмирање, 2 семестар	4,47826087	Електронска комерција, 7 семестар	4,466666667	Бази на податоци, 4 семестар	4,426383399
Објектно ориентирано програмирање, 2 семестар	4,375	Вештачка интелигенција, 7 семестар	4,428571429	Развој на мобилни апликации, 6 семестар	4,384615385	Развој на мобилни апликации, 6 семестар	4,461538462	Развој на мобилни апликации, 6 семестар	4,403846154
Основи на програмирање, 1 семестар	4,333333333	Објектно ориентирано програмирање, 2 семестар	4,347826087	Машинско учење, 8 семестар	4,333333333	Вештачка интелигенција, 7 семестар	4,428571429	Објектно ориентирано програмирање, 2 семестар	4,39118083
Електронска комерција, 7 семестар	4,333333333	Електронска комерција, 7 семестар	4,333333333	Електронска комерција, 7 семестар	4,266666667	Машинско учење, 8 семестар	4,416666667	Електронска комерција, 7 семестар	4,35
Машинско учење, 8 семестар	4,333333333	Структури на податоци и алгоритми, 3 семестар	4,260869565	Основи на програмирање, 1 семестар	4,260869565	Објектно ориентирано програмирање, 2 семестар	4,363636364	Машинско учење, 8 семестар	4,333333333
Развој на мобилни апликации, 6 семестар	4,307692308	Машинско учење, 8 семестар	4,25	Бази на податоци, 4 семестар	4,227272727	Основи на програмирање, 1 семестар	4,260869565	Основи на програмирање, 1 семестар	4,268115942
Безбедност на компјутерски системи, 7 семестар	4,25	Безбедност на компјутерски системи, 7 семестар	4,25	Безбедност на компјутерски системи, 7 семестар	4,125	Визуелно програмирање, 4 семестар	4,181818182	Безбедност на компјутерски системи, 7 семестар	4,1875
Структури на податоци и алгоритми, 3 семестар	4,217391304	Основи на програмирање, 1 семестар	4,217391304	Дискретна математика, 1 семестар	4,1	Структури на податоци и алгоритми, 3 семестар	4,173913043	Структури на податоци и алгоритми, 3 семестар	4,173913043
Компјутерски мрежи, 4 семестар	4,166666667	Компјутерски мрежи, 4 семестар	4,043478261	Визуелно програмирање, 4 семестар	4,090909091	Безбедност на компјутерски системи, 7 семестар	4,125	Визуелно програмирање, 4 семестар	4,079051383
Алгебарски структури, 2 семестар	4,05	Визуелно програмирање, 4 семестар	4	Структури на податоци и алгоритми, 3 семестар	4,043478261	Компјутерски мрежи, 4 семестар	4	Компјутерски мрежи, 4 семестар	4,041666667
Визуелно програмирање, 4 семестар	4,043478261	Алгебарски структури, 2 семестар	3,947368421	Применето софтверско инженерство во реална средина, 7 семестар	4	Информатика, 2 семестар	3,944444444	Интернет програмирање, 5 семестар	3,956068841
Интернет програмирање, 5 семестар	4,041666667	Информатика, 2 семестар	3,947368421	Компјутерски мрежи, 4 семестар	3,956521739	Интернет програмирање, 5 семестар	3,913043478	Дискретна математика, 1 семестар	3,9375
Дискретна математика, 1 семестар	4	Применето софтверско инженерство во реална средина, 7 семестар	3,916666667	Интернет програмирање, 5 семестар	3,956521739	Графика и визуелизација, 5 семестар	3,9	Информатика, 2 семестар	3,932675439
Информатика, 2 семестар	3,95	Интернет програмирање, 5 семестар	3,913043478	Математика 2, 2 семестар	3,913043478	Математика 1, 1 семестар	3,869565217	Алгебарски структури, 2 семестар	3,904312865
Математика 2, 2 семестар	3,916666667	Геоинформатика, 7 семестар	3,909090909	Графика и визуелизација, 5 семестар	3,9	Дигитално процесирање на сигнали, 6 семестар	3,866666667	Применето софтверско инженерство во реална средина, 7 семестар	3,90224359

								средина, 7 семестар	
Геоинформатика, 7 семестар	3,909090909	Математика 2, 2 семестар	3,869565217	Информатика, 2 семестар	3,888888889	Веројатност и статистика, 3 семестар	3,863636364	Математика 2, 2 семестар	3,88134058
Графика и визуелизација, 5 семестар	3,9	Дигитално процесирање на сигнали, 6 семестар	3,857142857	Математика 1, 1 семестар	3,869565217	Применето софтверско инженерство во реална средина, 7 семестар	3,846153846	Графика и визуелизација, 5 семестар	3,8625
Микрокомпјутерски системи, 6 семестар	3,888888889	Дискретна математика, 1 семестар	3,85	Дигитално процесирање на сигнали, 6 семестар	3,866666667	Управување и складирање на податоци, 7 семестар	3,833333333	Математика 1, 1 семестар	3,838315217
Математика 1, 1 семестар	3,875	Дистрибуирани компјутерски системи, 8 семестар	3,785714286	Веројатност и статистика, 3 семестар	3,863636364	Математика 2, 2 семестар	3,826086957	Дигитално процесирање на сигнали, 6 семестар	3,830952381
Применето софтверско инженерство во реална средина, 7 семестар	3,846153846	Графика и визуелизација, 5 семестар	3,75	Алгебарски структури, 2 семестар	3,842105263	Дискретна математика, 1 семестар	3,8	Геоинформатика, 7 семестар	3,823863636
Веројатност и статистика, 3 семестар	3,818181818	Математика 1, 1 семестар	3,739130435	Геоинформатика, 7 семестар	3,727272727	Алгебарски структури, 2 семестар	3,777777778	Веројатност и статистика, 3 семестар	3,814935065
Управување и складирање на податоци, 7 семестар	3,769230769	Веројатност и статистика, 3 семестар	3,714285714	Микрокомпјутерски системи, 6 семестар	3,647058824	Геоинформатика, 7 семестар	3,75	Микрокомпјутерски системи, 6 семестар	3,70751634
Дигитално процесирање на сигнали, 6 семестар	3,733333333	Микрокомпјутерски системи, 6 семестар	3,705882353	Системски софтвер, 5 семестар	3,615384615	Дистрибуирани компјутерски системи, 8 семестар	3,642857143	Управување и складирање на податоци, 7 семестар	3,671474359
Теорија на графови, 3 семестар	3,588235294	Напредни алгоритми, 5 семестар	3,588235294	Управување и складирање на податоци, 7 семестар	3,583333333	Оперативни системи, 4 семестар	3,619047619	Дистрибуирани компјутерски системи, 8 семестар	3,634615385
Напредни алгоритми, 5 семестар	3,555555556	Теорија на информации, 5 семестар	3,578947368	Дистрибуирани компјутерски системи, 8 семестар	3,571428571	Системски софтвер, 5 семестар	3,615384615	Теорија на информации, 5 семестар	3,539473684
Дистрибуирани компјутерски системи, 8 семестар	3,538461538	Оперативни системи, 4 семестар	3,523809524	Теорија на графови, 3 семестар	3,529411765	Микрокомпјутерски системи, 6 семестар	3,588235294	Системски софтвер, 5 семестар	3,538461538
Теорија на информации, 5 семестар	3,526315789	Основи на операциски истражувања, 6 семестар	3,5	Теорија на информации, 5 семестар	3,526315789	Архитектура на компјутери, 3 семестар	3,55	Напредни алгоритми, 5 семестар	3,535947712
Архитектура на компјутери, 3 семестар	3,523809524	Управување и складирање на податоци, 7 семестар	3,5	Напредни алгоритми, 5 семестар	3,470588235	Теорија на графови, 3 семестар	3,529411765	Теорија на графови, 3 семестар	3,529411765
Оперативни системи, 4 семестар	3,5	Теорија на графови, 3 семестар	3,470588235	Архитектура на компјутери, 3 семестар	3,45	Напредни алгоритми, 5 семестар	3,529411765	Оперативни системи, 4 семестар	3,517857143
Системски софтвер, 5 семестар	3,461538462	Системски софтвер, 5 семестар	3,461538462	Оперативни системи, 4 семестар	3,428571429	Теорија на информации, 5 семестар	3,526315789	Архитектура на компјутери, 3 семестар	3,468452381
Основи на операциски истражувања, 6 семестар	3,4375	Архитектура на компјутери, 3 семестар	3,35	Основи на операциски истражувања, 6 семестар	3,375	Основи на операциски истражувања, 6 семестар	3,375	Основи на операциски истражувања, 6 семестар	3,421875
Линеарна алгебра, 1 семестар	3,388888889	Софтверско инженерство, 3 семестар	3,333333333	Линеарна алгебра, 1 семестар	3,294117647	Линеарна алгебра, 1 семестар	3,352941176	Линеарна алгебра, 1 семестар	3,321486928
Софтверско инженерство, 3 семестар	3,380952381	Линеарна алгебра, 1 семестар	3,25	Софтверско инженерство, 3 семестар	3,285714286	Дигитална логика, 2 семестар	3,318181818	Софтверско инженерство, 3 семестар	3,297619048
Вовед во информатика, 1 семестар	3,285714286	Дигитална логика, 2 семестар	3,227272727	Информациони системи, 8 семестар	3,285714286	Вовед во информатика, 1 семестар	3,2	Дигитална логика, 2 семестар	3,247529644

Дигитална логика, 2 семестар	3,21739 1304	Информациони системи, 8 семестар	3,21428 5714	Дигитална логика, 2 семестар	3,2272 72727	Софтверско инженерство, 3 семестар	3,19047 619	Информациони системи, 8 семестар	3,1928 57143
Информациони системи, 8 семестар	3,2	Вовед во информатика, 1 семестар	3	Вовед во информатика, 1 семестар	3,2	Информациони системи, 8 семестар	3,07142 8571	Вовед во информатика, 1 семестар	3,1714 28571
Компјутерски електронски елементи, 1 семестар	2,38888 8889	Компјутерски електронски елементи, 1 семестар	2,29411 7647	Компјутерски електронски елементи, 1 семестар	2,1764 70588	Компјутерски електронски елементи, 1 семестар	2,35294 1176	Компјутерски електронски елементи, 1 семестар	2,3031 04575

Од оваа табела се генерира следниот графички приказ:

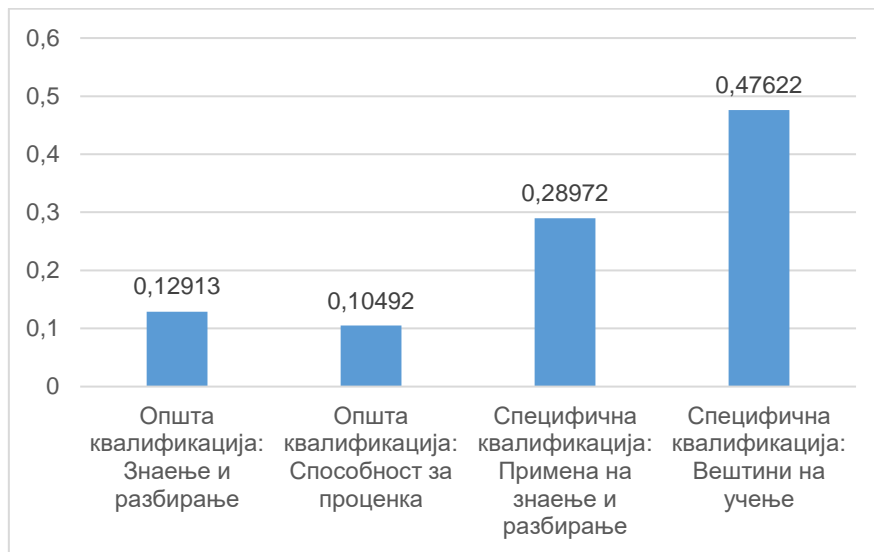


Слика 7.6. Кумулативен графички приказ на придонес на предмети по поединечни квалификациски дескриптори (КИТ)  
Figure 7.6. Cumulative graphical presentation of the contributions of subjects by individual qualification's descriptors (CET)

Од овде може да се заклучи дека:

- Во однос на општиот дескриптор – знаење и разбирање, најдобро оценет предмет е Бази на податоци – 4,47;
- Во однос на општиот дескриптор – способност за проценка, најдобро оценет предмет е Бази на податоци – 4,5;
- Во однос на специфичниот дескриптор – примена на знаење и разбирање, најдобро оценет предмет е Вештачка интелигенција – 4,5;
- Во однос на специфичниот дескриптор – вештини на учење, најдобро оценет предмет е Бази на податоци – 4,5;
- Во однос на просекот од просечните оценки, највисоко е рангиран предметот Вештачка интелигенција – 4,45.

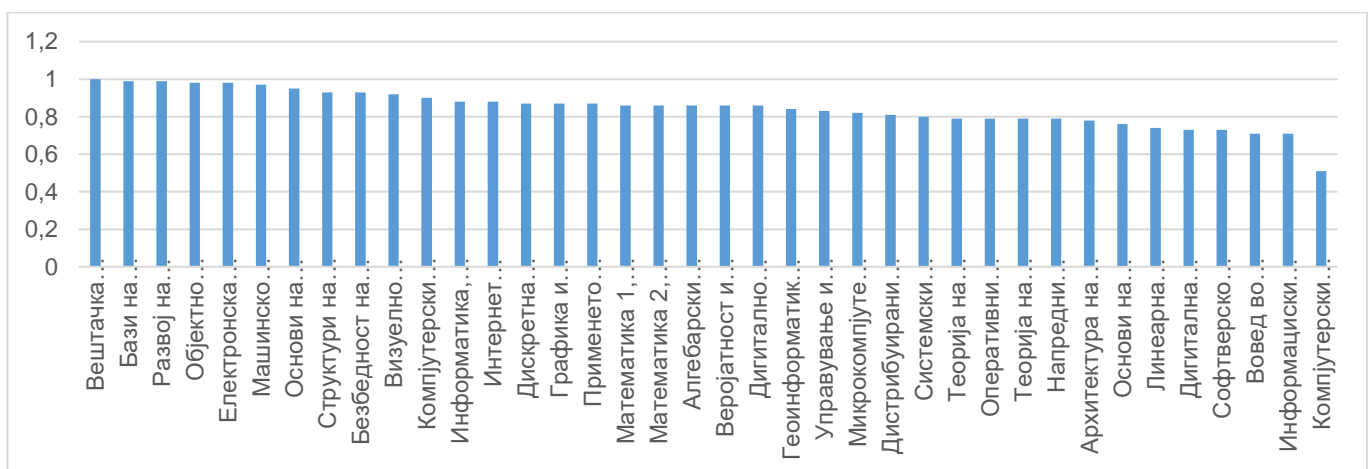
Со вкрстување на овие податоци преку алгоритмот на АНР со векторот на тежински коефициенти (приоритети) на дескрипторите, прикажан на следната слика:



Слика 7.7. Графички приказ на приоритети во однос на дескриптори на квалификација (КИТ)

Figure 7.7. Graphical representation of qualification's descriptors (CET)

се добива конечната листа на приоритети – синтетизираниот модел, односно алтернативи со тежински коефициенти според кои може да се направи конечниот избор согласно АНР. Во овој случај, алтернативите се всушност предметите во рамките на студиската програма, со тежиште на нивната содржинска / суштинска страна.



Слика 7.8. Синтетизиран модел на содржинска страна на студиска програма (АНР) (КИТ)

Figure 7.8. Synthesized model of the content aspect of the study program (АНР) (CET)

Од овде може да се заклучи дека:

- Најдобро е рангиран предметот Вештачка интелигенција, со идеализирана вредност на приоритетот 1 и
- Најслабо е рангиран предметот Компјутерски електронски елементи, со идеализирана вредност на приоритетот 0,51.

### 7.3.2. Резултати од АНР – наставно-педагошка страна на студиска програма

Во однос на резултатите кои се добиени од спроведувањето на Прашалник 4, може да се донесат следните заклучоци (прикажани во следната табела):

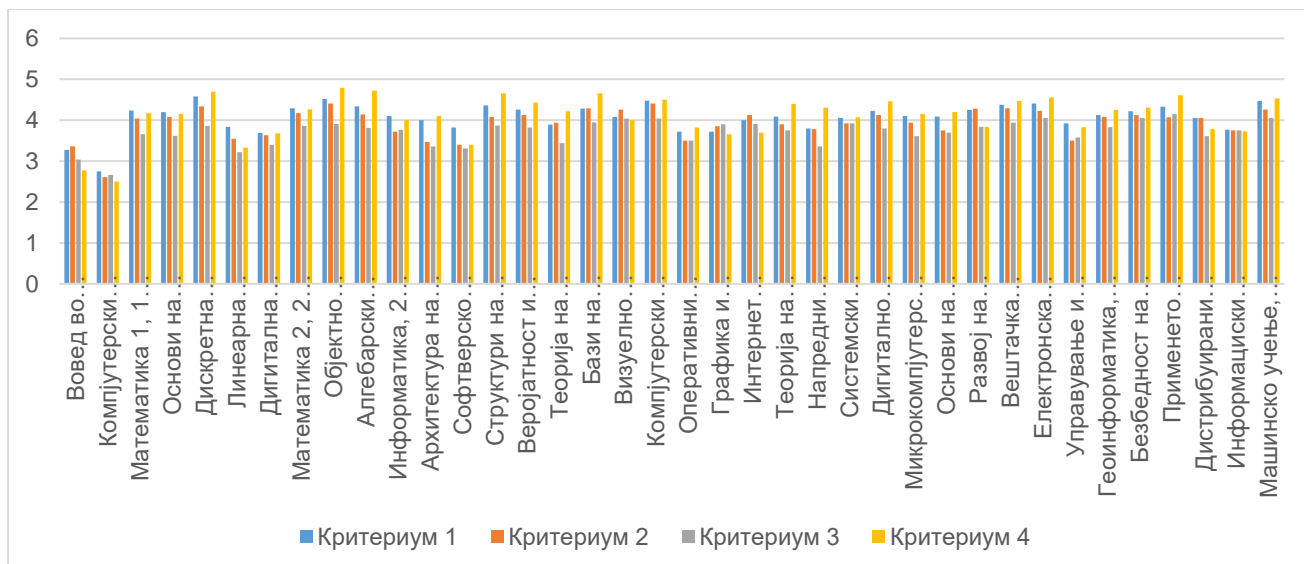
Табела 7.3. Сортирање на резултати по поединечни наставно-педагошки критериуми и просечен сумарен индекс (КИТ)  
Table 7.3. Results sorting based on individual teaching-pedagogical criteria and average overall index (CET)

Предмет	НПК - Планирање и организација на наставата	Предмет	НПК - Реализација на наставата преку поттикнување на практична примена на содржината на предметот	Предмет	НПК - Примена на нови образовни и технологии во наставната работа	Предмет	НПК - Водење, поддршка или менторирање на студентите	Предмет	Просечен индекс
Дискретна математика, 1 семестар	4,583333	Објектно ориентирано програмирање, 2 семестар	4,41666667	Применето софтверско инженерство во реална средина	4,15384615	Објектно ориентирано програмирање, 2 семестар	4,79166667	Објектно ориентирано програмирање, 2 семестар	4,41125
Објектно ориентирано програмирање, 2 семестар	4,52	Компјутерски мрежи, 4 семестар	4,41666667	Безбедност на компјутерски системи, 7 семестар	4,06666667	Дискретна математика, 1 семестар	4,73913043	Дискретна математика, 1 семестар	4,3849638
Компјутерски мрежи, 4 семестар	4,48	Дискретна математика, 1 семестар	4,347826087	Машинско учење, 8 семестар	4,06666667	Алгебарски структури, 2 семестар	4,72727273	Компјутерски мрежи, 4 семестар	4,3595833
Машинско учење, 8 семестар	4,470588	Вештачка интелигенција, 7 семестар	4,294117647	Електронска комерција, 7 семестар	4,0625	Структури на податоци и алгоритми, 3 семестар	4,66666667	Машинско учење, 8 семестар	4,3343137
Електронска комерција, 7 семестар	4,411765	Бази на податоци, 4 семестар	4,291666667	Визуелно програмирање, 4 семестар	4,04347826	Бази на податоци, 4 семестар	4,66666667	Електронска комерција, 7 семестар	4,3180147
Вештачка интелигенција, 7 семестар	4,388889	Развој на мобилни апликации, 6 семестар	4,285714286	Компјутерски мрежи, 4 семестар	4,04166667	Применето софтверско инженерство во реална средина	4,61538462	Бази на податоци, 4 семестар	4,2987138
Структури на податоци и алгоритми, 3 семестар	4,36	Машинско учење, 8 семестар	4,266666667	Бази на податоци, 4 семестар	3,95652174	Електронска комерција, 7 семестар	4,5625	Применето софтверско инженерство во реална средина	4,2948718

Алгебарски структури, 2 семестар	4,3478 26	Визуелно програмирање, 4 семестар	4,260869565	Вештачка интелигенција, 7 семестар	3,9411764 7	Машинско учење, 8 семестар	4,533333 33	Вештачка интелигенција, 7 семестар	4,2736928
Применето софтверско инженерство во реална средина	4,3333 33	Електронска комерција, 7 семестар	4,235294118	Системски софтвер, 5 семестар	3,9285714 3	Компјутерски мрежи, 4 семестар	4,5	Алгебарски структури, 2 семестар	4,2590344
Математика 2, 2 семестар	4,2916 67	Математика 2, 2 семестар	4,173913043	Објектно ориентирано програмирање, 2 семестар	3,9166666 7	Вештачка интелигенција, 7 семестар	4,470588 24	Структури на податоци и алгоритми, 3 семестар	4,24625
Бази на податоци, 4 семестар	4,28	Алгебарски структури, 2 семестар	4,142857143	Интернет програмирање, 5 семестар	3,9166666 7	Дигитално процесирање на сигнали, 6 семестар	4,466666 67	Безбедност на компјутерски системи, 7 семестар	4,1836806
Веројатност и статистика, 3 семестар	4,2608 7	Дигитално процесирање на сигнали, 6 семестар	4,133333333	Графика и визуелизација, 5 семестар	3,9047619	Веројатност и статистика, 3 семестар	4,434782 61	Веројатност и статистика, 3 семестар	4,1630435
Развој на мобилни апликации, 6 семестар	4,25	Безбедност на компјутерски системи, 7 семестар	4,133333333	Структури на податоци и алгоритми, 3 семестар	3,875	Теорија на информации, 5 семестар	4,4	Дигитално процесирање на сигнали, 6 семестар	4,1588235
Математика 1, 1 семестар	4,24	Веројатност и статистика, 3 семестар	4,130434783	Дискретна математика, 1 семестар	3,8695652 2	Напредни алгоритми, 5 семестар	4,315789 47	Математика 2, 2 семестар	4,1504858
Дигитално процесирање на сигнали, 6 семестар	4,2352 94	Интернет програмирање, 5 семестар	4,130434783	Математика 2, 2 семестар	3,8636363 6	Безбедност на компјутерски системи, 7 семестар	4,3125	Визуелно програмирање, 4 семестар	4,0969203
Безбедност на компјутерски системи, 7 семестар	4,2222 22	Основи на програмирање, 1 семестар	4,083333333	Развој на мобилни апликации, 6 семестар	3,8461538 5	Математика 2, 2 семестар	4,272727 27	Геоинформатика, 7 семестар	4,075
Основи на програмирање, 1 семестар	4,2	Структури на податоци и алгоритми, 3 семестар	4,083333333	Геоинформатика, 7 семестар	3,8333333 3	Геоинформатика, 7 семестар	4,25	Развој на мобилни апликации, 6 семестар	4,0570055
Геоинформатика, 7 семестар	4,1333 33	Геоинформатика, 7 семестар	4,083333333	Веројатност и статистика, 3 семестар	3,8260869 6	Теорија на графови, 3 семестар	4,222222 22	Теорија на информации, 5 семестар	4,0363095
Информатика, 2 семестар	4,1	Применето софтверско инженерство во реална средина	4,076923077	Алгебарски структури, 2 семестар	3,8181818 2	Основи на оперативски истражувања, 6 семестар	4,2	Математика 1, 1 семестар	4,0305616
Микрокомпјутерски системи, 6 семестар	4,1	Дистрибуирани компјутерски системи, 8 семестар	4,066666667	Дигитално процесирање на сигнали, 6 семестар	3,8	Математика 1, 1 семестар	4,173913 04	Основи на програмирање, 1 семестар	4,01875
Теорија на информации, 5 семестар	4,0952 38	Математика 1, 1 семестар	4,041666667	Информатика, 2 семестар	3,7777777 8	Основи на програмирање, 1 семестар	4,166666 67	Системски софтвер, 5 семестар	3,9988095
Основи на оперативски истражувања, 6 семестар	4,0952 38	Микрокомпјутерски системи, 6 семестар	3,947368421	Теорија на информации, 5 семестар	3,75	Микрокомпјутерски системи, 6 семестар	4,157894 74	Микрокомпјутерски системи, 6 семестар	3,9540936
Визуелно програмирање, 4 семестар	4,0833 33	Теорија на графови, 3 семестар	3,944444444	Информатика и системи, 8 семестар	3,75	Архитектура на компјутери, 3 семестар	4,105263 16	Интернет програмирање, 5 семестар	3,9388587
Системски софтвер, 5 семестар	4,0666 67	Системски софтвер, 5 семестар	3,928571429	Основи на оперативски истражувања, 6 семестар	3,7	Системски софтвер, 5 семестар	4,071428 57	Основи на оперативски истражувања, 6 семестар	3,9363095
Дистрибуирани компјутерски	4,0666 67	Теорија на информации, 5 семестар	3,9	Математика 1, 1 семестар	3,6666666 7	Информатика, 2 семестар	4	Информатика, 2 семестар	3,9

и системи, 8 семестар									
Архитектура на компјутери, 3 семестар	4	Графика и визуелизација, 5 семестар	3,857142857	Основи на програмирање, 1 семестар	3,625	Визуелно програмирање, 4 семестар	4	Дистрибуирани компјутерски системи, 8 семестар	3,8836081
Интернет програмирање, 5 семестар	4	Напредни алгоритми, 5 семестар	3,789473684	Дистрибуиран и компјутерски системи, 8 семестар	3,61538462	Развој на мобилни апликации, 6 семестар	3,84615385	Теорија на графови, 3 семестар	3,876462
Управување и складирање на податоци, 7 семестар	3,928571	Основи на операциски истражувања, 6 семестар	3,75	Микрокомпјутерски системи, 6 семестар	3,61111111	Управување и складирање на податоци, 7 семестар	3,83333333	Напредни алгоритми, 5 семестар	3,8184211
Теорија на графови, 3 семестар	3,894737	Информациони системи, 8 семестар	3,75	Управување и складирање на податоци, 7 семестар	3,58333333	Оперативни системи, 4 семестар	3,82608696	Графика и визуелизација, 5 семестар	3,788961
Линеарна алгебра, 1 семестар	3,842105	Информатика, 2 семестар	3,72222222	Оперативни системи, 4 семестар	3,5	Дистрибуирани компјутерски системи, 8 семестар	3,78571429	Информациони системи, 8 семестар	3,7527778
Софтверско инженерство, 3 семестар	3,826087	Дигитална логика, 2 семестар	3,636363636	Теорија на графови, 3 семестар	3,44444444	Информациони системи, 8 семестар	3,73333333	Архитектура на компјутери, 3 семестар	3,7368421
Напредни алгоритми, 5 семестар	3,8	Линеарна алгебра, 1 семестар	3,555555556	Дигитална логика, 2 семестар	3,40909091	Интернет програмирање, 5 семестар	3,70833333	Управување и складирање на податоци, 7 семестар	3,7113095
Информациони системи, 8 семестар	3,777778	Оперативни системи, 4 семестар	3,5	Архитектура на компјутери, 3 семестар	3,36842105	Дигитална логика, 2 семестар	3,68181818	Оперативни системи, 4 семестар	3,6365217
Графика и визуелизација, 5 семестар	3,727273	Управување и складирање на податоци, 7 семестар	3,5	Напредни алгоритми, 5 семестар	3,36842105	Графика и визуелизација, 5 семестар	3,66666667	Дигитална логика, 2 семестар	3,6057312
Оперативни системи, 4 семестар	3,72	Архитектура на компјутери, 3 семестар	3,473684211	Софтверско инженерство, 3 семестар	3,31818182	Софтверско инженерство, 3 семестар	3,40909091	Софтверско инженерство, 3 семестар	3,4906126
Дигитална логика, 2 семестар	3,695652	Софтверско инженерство, 3 семестар	3,409090909	Линеарна алгебра, 1 семестар	3,22222222	Линеарна алгебра, 1 семестар	3,33333333	Линеарна алгебра, 1 семестар	3,4883041
Вовед во информатика, 1 семестар	3,272727	Вовед во информатика, 1 семестар	3,363636364	Вовед во информатика, 1 семестар	3,04545455	Вовед во информатика, 1 семестар	2,77272727	Вовед во информатика, 1 семестар	3,1136364
Компјутерски електронски елементи, 1 семестар	2,75	Компјутерски електронски елементи, 1 семестар	2,611111111	Компјутерски електронски елементи, 1 семестар	2,66666667	Компјутерски електронски елементи, 1 семестар	2,5	Компјутерски електронски елементи, 1 семестар	2,6319444

Од оваа табела се генерира следниот графички приказ:



Слика 7.9. Кумулативен графички приказ на исполнетост на критериуми по предмети (КИТ)

Figure 7.9. Cumulative graphical representation of the fulfillment of criteria by courses (CET)

Од овде може да се заклучи дека:

- Во однос на критериум 1 – планирање и организација на наставата, најдобро оценет предмет е Дискретна математика – 4,58;
- Во однос на општата критериум 2 – реализација на наставата преку поттикнување на практична примена на содржината на предметот, најдобро оценет предмет е Објектно ориентирано програмирање – 4,41;
- Во однос на критериум 3 – примена на нови образовни технологии во наставната работа, најдобро оценет предмет е Применето софтверско инженерство во реална средина – 4,15;
- Во однос на критериум 4 – водење, поддршка или менторирање на студентите, најдобро оценет предмет е Објектно ориентирано програмирање – 4,79;
- Во однос на просекот од просечните оценки, највисоко е рангиран предметот Вештачка интелигенција – 4,41.

Со вкрстување на овие податоци преку алгоритмот на АНР со векторот на приоритети во однос на четирите критериуми за методолошки квалитет на студиската програма, прикажан на следната слика:

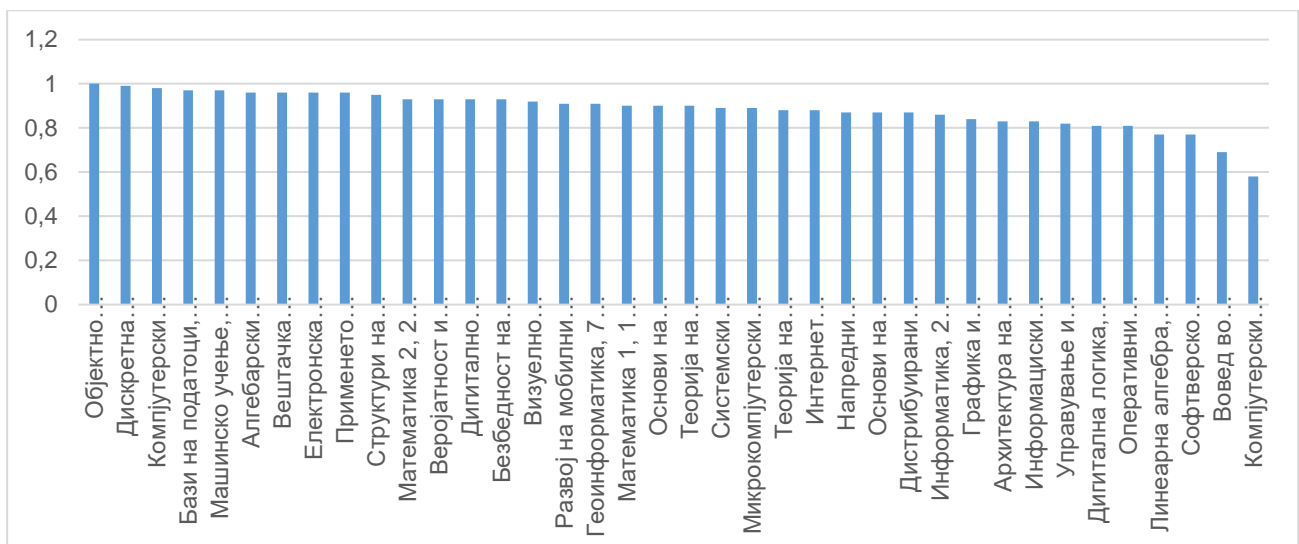




Слика 7.10. Графички приказ на приоритети во однос на критериуми за квалитет на наставно-педагошки (методолошки) аспект на студиската програма (КИТ)

Figure 7.10. Graphical representation of criteria regarding quality criteria of the teaching-pedagogical (methodological) aspect of the study program (CET)

се добива конечната листа на приоритети – синтетизираниот модел, односно алтернативи со тежински коефициенти според кои може да се направи конечниот избор согласно АНР. Во овој случај, алтернативите се всушност предметите во рамките на студиската програма, со тежиште на нивната наставно-педагошка страна.



Слика 7.11. Синтетизиран модел на наставно-педагошка страна на студиска програма (АНР) (КИТ)

Figure 7.11. Synthesized model of the teaching-pedagogical aspect of the study program (АНР) (CET)

Од овде може да се заклучи дека:

- Најдобро е рангиран предметот Објектно ориентирано програмирање, со идеализирана вредност на приоритетот 1 и
- Најслабо е рангиран предметот Компјутерски електронски елементи, со идеализирана вредност на приоритетот 0,58.

### 7.3.3. Резултати од DEA – содржинска страна на студиска програма

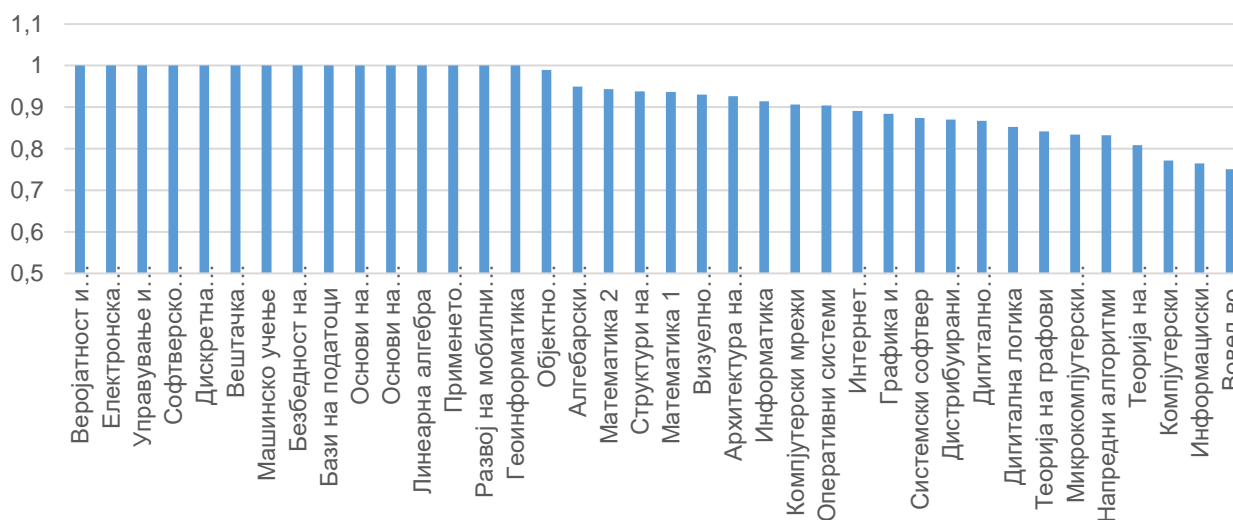
Со процесирање на податоците од сумарниот модел на DEA за содржинската страна на студиската програма, се добиваат следните резултати за поставеноста на продукциските единици на студиската програма – компјутерско инженерство и технологии.

Табела 7.4. Резултати од DEA – содржинска страна на студиската програма компјутерско инженерство и технологии  
Table 7.4. DEA results – content aspect of the study program computer engineering and technologies

Предмет (DMU)	Релативна (техничка) ефикасност
Веројатност и статистика	1
Електронска комерција	1
Управување и складирање на податоци	1
Софтверско инженерство	1
Дискретна математика	1
Вештачка интелигенција	1
Машинско учење	1
Безбедност на компјутерски системи	1
Бази на податоци	1
Основи на операциски истражувања	1
Основи на програмирање	1
Линеарна алгебра	1
Применето софтверско инженерство во реална средина	1
Развој на мобилни апликации	1
Геоинформатика	1
Објектно ориентирано програмирање	0,989629545
Алгебарски структури	0,949860541
Математика 2	0,943262108
Структури на податоци и алгоритми	0,937780611
Математика 1	0,936193489
Визуелно програмирање	0,929927119
Архитектура на компјутери	0,926293016
Информатика	0,913774623
Компјутерски мрежи	0,906094878
Оперативни системи	0,903972997

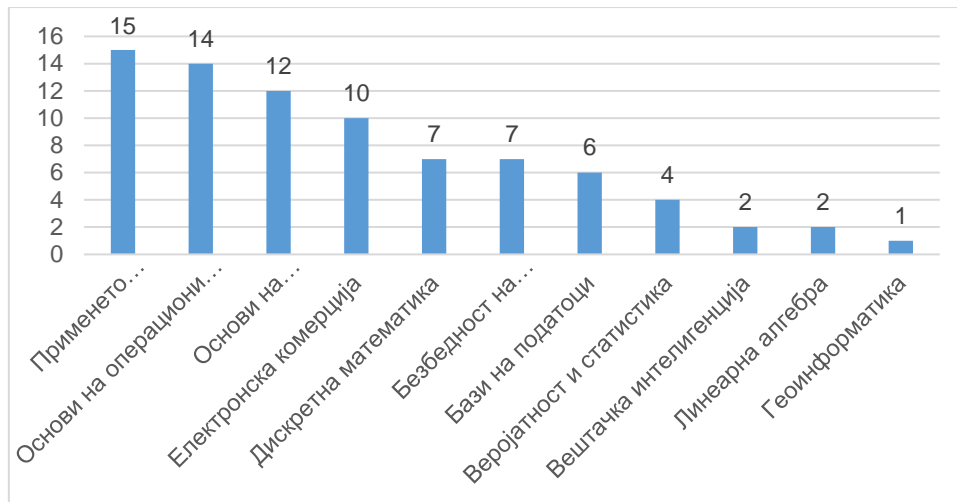
Интернет програмирање	0,890889984
Графика и визуелизација	0,883994693
Системски софтвер	0,874213668
Дистрибуирани компјутерски системи	0,869994758
Дигитално процесирање на сигнали	0,867010258
Дигитална логика	0,852443878
Теорија на графови	0,841635398
Микрокомпјутерски системи	0,834037101
Напредни алгоритми	0,832200932
Теорија на информации	0,808332193
Компјутерски електронски елементи	0,771784511
Информациски системи	0,765
Вовед во информатика	0,750662512

Резултатите графички се прикажани на следната слика:



Слика 7.12. Графички приказ на релативна ефикасност на предмети – содржинска страна (компјутерско инженерство и технологии)  
Figure 7.12. Graphic representation of relative efficiency of courses - content aspect (computer engineering and technologies)

За 15 предмети е утврдена вредност на ефикасноста  $\theta = 1$ , одосно се поставени на граничникот на ефикасноста. За овие предмети се вели дека се релативно ефикасни предмети во множеството на продукциски единици кои се предмет на анализа. Од нив, 11 предмети значително учествуваат во креирањето на композитните единици во однос на неефикасните продукциски единици (останатите имаат занемарлив придонес). Истите го градат множеството на ефикасни продукциски единици (ERS, Efficiency Reference Set).



Слика 7.13. Множество на ефикасни производствени единици и интензитет на употреба при градење на композитни единици (содржинска страна) (КИТ)  
Figure 7.13. ERS and intensity of use in building composite units (content side) (CET)

Најголема фреквенција во градењето на композитните единици (проекциите) имаат:

- Предметот Применето софтверско инженерство во реална средина, кој учествува кај 15 од вкупно 23 релативно неефикасни предмети (65%) и
- Предметот Основи на операциски истражувања, кој учествува кај 14 од 23 релативно неефикасни предмети, односно во 60,8% од предметите.

Согласно извештајот, најнеповолна распределба на ресурсите / влезни и излезни параметри во ова множество има предметот Вовед во информатика. Оваа производствена единица е прикажана во продолжение.

Табела 7.5. Производствена единица: Вовед во информатика  
Table 7.5. DMU: Informatics, introduction

Финансиски средства за кадар	Финансиски средства за инвентар и опрема	Време траење	Предмет	ИПППК	НСК
Влезни параметри			Decision Making Units (DMUs)	Излезни параметри	
80752	43596,09	72	Вовед во информатика	0.716203	7,28

Во овој случај, во споредба со другите производствени единици, може да се забележи дека во услови на релативно високи трошоци за кадар, за реализација на овој предмет се потрошени високи (втори по големина) средства за опрема и инвентар и во услови на средно времетраење на студиската програма,

генерирани се излезни резултати кои се мошне неповолни, особено во делот на индексот за нивото за исполнетост на дескрипторите на квалификацијата.

Во насока на подобрување на состојбата во делот на неефикасните продукциски единици, DEA генерира композитни единици, кон кои практично би требало да се „придвижат“ неефикасните продукциски единици, со цел нивно доближување, односно поставување на границата на ефикасност (DEA frontier-от). Овие композитни единици се составени од релативно ефикасните продукциски единици кои припаѓаат на ERS. Во тој контекст, во следната табела се прикажани сите неефикасни продукциски единици (предмети во однос на нивната содржинска страна) заедно со соодветните ERS претставници и соодветни ламбда ( $\lambda$ ) коефициенти, кои го претставуваат продукциското ниво со кое таа единица учествува во градењето на композитната единица за таа неефикасна продукциска единица.

Табела 7.6. Ламбда коефициенти за неефикасни продукциски единици (содржинска страна на студиска програма) (КИТ)

Table 7.6. Lambdas for inefficient DMUs (content side of the study program) (CET)

Предмет и композити	Основи на програмирање	Дискретна математика	Линеарна алгебра	Веројатност и статистика	Бази на податоци	Основи на операционски истражувања	Безбедност на компјутерски системи	Вештачка интелигенција	Геоинформатика	Електронска комерција	Примено софтверско инженерство во реална средина
Вовед во информатика	0	0	0	0	0	0,36373 5113	0	0	0	0	0,63626 4887
Компјутерски електронски елементи	0	0	0,2877 42501	0	0	0	0	0	0	0,7122 57499	0
Математика 1	0,37559 8772	0,3839 95104	0	0	0	0	0	0,07607 4178	0	0	0,16433 1946
Дигитална логика	0,03197 694	0,2708 11889	0	0	0	0	0	0	0	0,6972 1117	0
Математика 2	0,63479 6463	0,0973 55092	0	0	0	0	0	0	0	0,2678 48445	0
Објектно ориентирано програмирање	0	0	0	0	0,0714 36602	0,37808 1243	0,55048 2155	0	0	0	0
Алгебарски структури	0,25158 0867	0,4788 77753	0	0	0	0	0	0	0	0,0393 0699	0,23023 439
Информатика	0	0	0	0	0,0602 42781	0,49454 5729	0	0	0	0	0,44521 1491
Архитектура на компјутери	0	0	0,1168 27916	0,8045 45421	0	0	0	0	0	0,0786 26663	0
Структури на податоци и алгоритми	0	0	0	0	0,2155 42682	0,12198 8944	0,42276 3252	0,23970 5122	0	0	0
Теорија на графови	0,20692 2705	0	0	0	0	0,06419 9849	0	0	0	0	0,72887 7446

Визуелно програмирање	0	0	0	0	0,5564 62234	0,17069 8223	0,27283 9543	0	0	0	0
Компјутерски мрежи	0	0	0	0	0,5852 80838	0,04442 1167	0,37029 7995	0	0	0	0
Оперативни системи	0,11019 7389	0,5913 96955	0	0	0	0	0	0	0	0,2984 05656	0
Графика и визуелизација	0,17430 5355	0	0	0	0	0,75920 1023	0,06649 3621	0	0	0	0
Интернет програмирање	0,06288 5002	0	0	0	0	0,48841 1711	0,44870 3287	0	0	0	0
Теорија на информации	0,13362 4246	0	0	0	0	0,74090 9845	0	0	0	0	0,12546 5909
Напредни алгоритми	0,11106 2279	0	0	0	0	0,24189 0253	0	0	0	0	0,64704 7468
Системски софтвер	0,08288 8433	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1849 10302	0,73220 1264
Дигитално процесирање на сигнали	0	0	0	0	0	0,57817 3441	0,42182 6559	0	0	0	0
Микрокомпјутерски системи	0	0	0	0	0	0,85282 8212	0	0	0	0	0,14717 1788
Дистрибуирани компјутерски системи	0	0	0	0	0	0,04147 315	0	0	0	0	0,95852 685
Информатски системи	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0397492 33	0	0,96025 0767

Пресметувањето на композитните единици е во контекст на креирање на предлог мерки за оптимизација. Практично преку композитната единка за секоја релативно неефикасна продукциска единка го наоѓаме најдоброто решение во условите во кои се прави евалуацијата. Како пример, направена е пресметка на композитната единка на релативно најнеефикасната продукциска единка произлезена со DEA во однос на содржинската страна на студиската програма. Постапката е иста за сите продукциски единици за кои е пресметано дека се релативно неефикасни.

Табела 7.7. Вовед во информатика – композитна единка  
Table 7.7. Informatics, introduction – composite DMU

Предмет и композити	Основи на програмирање	Дискретна математика	Линерна алгебра	Веројатност и статистика	Бази на податоци	Основи на оперативни истражувања	Безбедност на компјутерски системи	Вештачка интелигенција	Геоинформатика	Електронска комерција	Применето софтверско инженерство во реална средина
Вовед во информатика	0	0	0	0	0	0,36373 5113	0	0	0	0	0,63626 4887

Бидејќи анализата е правена со излезно ориентиран DEA модел, концентрацијата на промената во параметрите е на излезната страна, односно

таму треба да се дејствува во контекст на оптимизирањето на излезните резултати од предметот:

$$VI_{\text{комполит}} = 0,363735113 * OOI_{\text{реален}} + 0,636264887 * ПСИРС_{\text{реален}}$$

$$VI_{\text{реален}} \begin{bmatrix} 80572 \\ 43596,09 \\ 72 \\ 0,716203 \\ 7,28 \end{bmatrix} : VI_{\text{комполит}} \begin{bmatrix} 31904,20 \\ 27929,39 \\ 64 \\ 0,953 \\ 9,69 \end{bmatrix} = \text{Девијација} \begin{bmatrix} -60\% \\ -36\% \\ -11,8\% \\ +33\% \\ +33,4\% \end{bmatrix}$$

Иако моделот е фокусиран на промена на излезните параметри во правец на оптимизација, секако дава предлог за намалување и на влезната страна и тоа во следната смисла. Во делот на излезната страна, предложени се следните чекори за оптимизација:

- Зголемување на индексот на придонес на предметот кон предвидените дескриптори на квалификација за 33%:
  - Промена на содржината на студиската програма во поглед на поголемо исполнување на предвидените дескриптори - особено се мисли на придонесот во однос на општиот дескриптор – Способност за проценка и специфичниот дескриптор – Примена на знаење и разбирање;
  - Промена на содржината на студиската програма, особено во делот на општиот дескриптор Способност за проценка, за кој пазарот на труд има дадено најниска оценка во приоритетната листа – 0,10492, односно фокусирање на програмите на други(те) дескриптори;
- Зголемување на просечниот успех стекнат од страна на студентите за 33,4%, како репрезент на нивото со кое се стекнати знаењата, вештините и компетенциите:
  - Зголемување на мотивацијата на студентите за изучување и работа на предметот;
  - Воведување на нови методолошки и дигитални методи за работа со студентите и квалитетно пренесување на предвидениот материјал;
  - Воведување на иновативни содржини кои се во тренд со побарувањата на пазарот итн.

### 7.3.4. Резултати од DEA – наставно-педагошка страна на студиска програма

Со процесирање на податоците од сумарниот модел на DEA за наставно-педагошката (методолошката) страна на студиската програма, се добиваат следните резултати за поставеноста на продукциските единици на студиската програма – компјутерско инженерство и технологии.

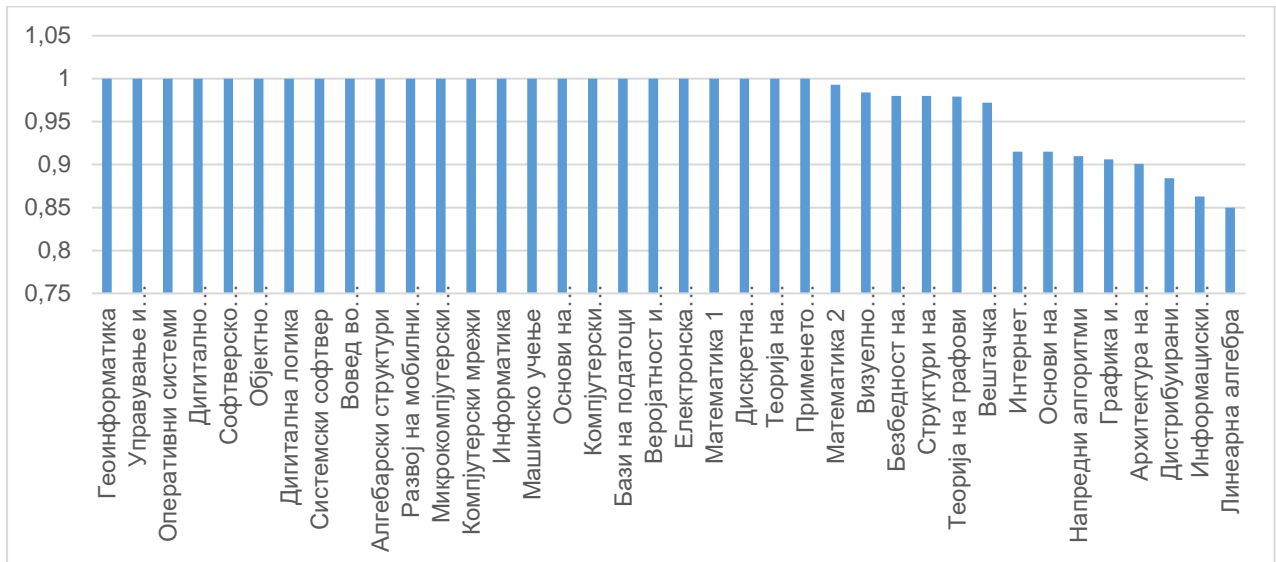
Табела 7.8. Резултати од DEA – наставно-педагошка (методолошка) страна на студиската програма компјутерско инженерство и технологии  
Table 7.8. DEA results – teaching-pedagogical (methodological) aspect of the study program computer engineering and technologies

Предмет (DMU)	Релативна (техничка) ефикасност
Геоинформатика	1
Управување и складирање на податоци	1
Оперативни системи	1
Дигитално процесирање на сигнали	1
Софтверско инженерство	1
Објектно ориентирано програмирање	1
Дигитална логика	1
Системски софтвер	1
Вовед во информатика	1
Алгебарски структури	1
Развој на мобилни апликации	1
Микрокомпјутерски системи	1
Компјутерски мрежи	1
Информатика	1
Машинско учење	1
Основи на операциски истражувања	1
Компјутерски електронски елементи	1
Бази на податоци	1
Веројатност и статистика	1
Електронска комерција	1
Математика 1	1
Дискретна математика	1
Теорија на информации	1
Применето софтверско инженерство во реална средина	1
Математика 2	0.993396024
Визуелно програмирање	0.984186556
Безбедност на компјутерски системи	0.980398356
Структури на податоци и алгоритми	0.98
Теорија на графови	0.979819948
Вештачка интелигенција	0.972701291
Интернет програмирање	0.9158893
Основи на програмирање	0.915350877
Напредни алгоритми	0.910717891
Графика и визуелизација	0.906927422
Архитектура на компјутери	0.901984388
Дистрибуирани компјутерски системи	0.884823595



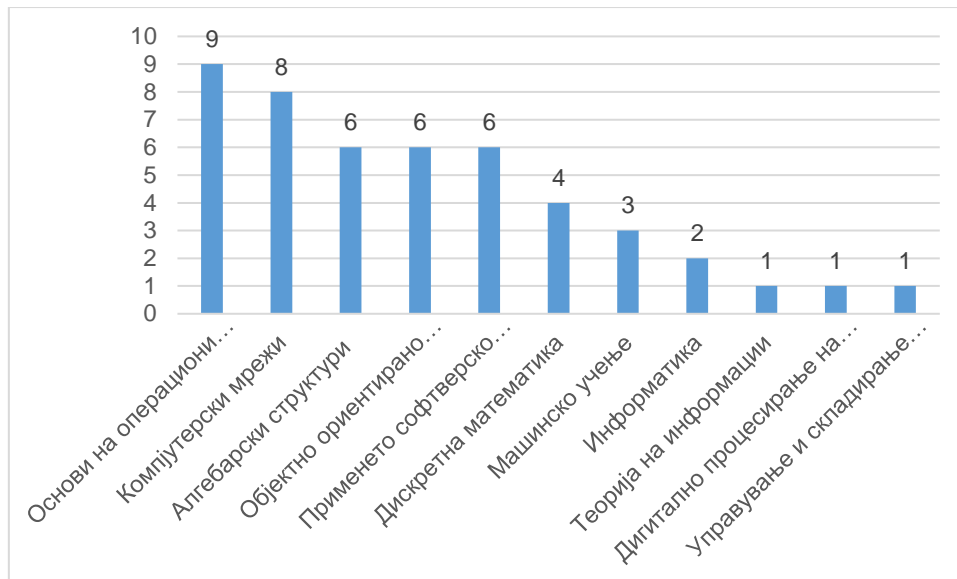
Информациони системи	0.863201001
Линеарна алгебра	0.850208962

Од овде се генерира графичкиот приказ на релативната ефикасност на предметите:



Слика 7.14. Графички приказ на релативна ефикасност на предмети – наставно педагошка страна (компјутерско инженерство и технологии)  
 Figure 7.14. Graphic representation of relative efficiency of courses – methodological aspect (computer engineering and technologies)

За 24 предмети е утврдена вредност на ефикасноста  $\theta = 1$ . За овие предмети се вели дека се релативно ефикасни предмети во множеството на продукциски единици кои се предмет на анализа. Од овие предмети се составуваат композитните единици во однос на неефикасните продукциски единици. Истите го градат множеството на ефикасни продукциски единици (ERS, Efficiency Reference Set). Притоа, земени се во предвид само 11 предмети кои значително учествуваат во градењето на композитните единици, само во однос на релативно неефикасните единици (останатите се занемарени).



Слика 7.15. Множество на ефикасни продукциски единици и интензитет на употреба при градење на композитни единици (методолошка страна) (КИТ)  
Figure 7.15. ERS and intensity of use in building composite units (methodological side) (CET)

Пет предмети се потенцирани како најкористени при градењето на композитните продукциски единици:

- Предметот Основи на операциски истражувања, кој учествува кај 9 од 14 релативно неефикасни предмети, односно во 64% од предметите;
- Предметот Компјутерски мрежи, кој учествува кај 8 од 14 релативно неефикасни предмети, односно во 57% од предметите и
- Предметите Алгебарски структури, Објектно ориентирано програмирање и Применето софтверско инженерство во реална средина, кои учествуваат со по 6 од 14 релативно неефикасни предмети, односно секој од нив во 43% од предметите.

Согласно извештајот, најнеповолна распределба на ресурсите / влезни и излезни параметри во ова множество има предметот Линеарна алгебра. Оваа продукциска единица е прикажана во продолжение.

Табела 7.9. Продукциска единица: Линеарна алгебра  
Table 7.9. DMU: Linear algebra

Финансиска сума за кадар	Искуство во години	Предмет	ИППККН	ГОНПА	ИНИД
<b>Влезни параметри</b>		<b>Decision Making Units (DMUs)</b>	<b>Излезни параметри</b>		
37038,26	5,21	Линеарна алгебра	0.775573	7,66	93

Во овој случај, во споредба со другите продукциски единици, може да се забележи дека во услови на релативно високи трошоци за кадар и средно (во однос на другите единици) поставено ниво во однос на искуството во години, генерирани се излезни резултати кои се мошне неповолни, особено во делот на индексот за исполнетоста на критериумите за квалитетна настава од методолошки аспект, како и индексот за генерална оценка на наставно-педагошкиот аспект на предметот од студентите.

Во следната табела се прикажани сите неефикасни продукциски единици (предмети во однос на нивната содржинска страна) заедно со соодветните ERS претставници и соодветни ламбда ( $\lambda$ ) коефициенти, кои го претставуваат продукциското ниво со кое таа единица учествува во градењето на композитната единица за таа неефикасна продукциска единица.

Табела 7.10. Ламбда коефициенти за неефикасни продукциски единици (методолошка страна на студиска програма) (КИТ)  
Table 7.10. Lambdas for inefficient DMUs (methodological side of the study program) (CET)

Име на предмет	Дискретна математика	Објектно ориентирано програмирање	Алгебарски структури	Информатика	Компјутерски мрежи	Теорија на информации	Дигитално процесирање на сигнали	Основи на оперативски истражувања	ПСИРС	Управување и складирање на податоци	Машинско учење
Основи на програмирање	0	0,161475803	0	0	0,838524197	0	0	0	0	0	0
Линеарна алгебра	0	0	0,07987482	0,437187836	0	0	0	0,212430184	0	0,270507159	0
Математика 2	0	0,028400895	0	0	0	0	0	0,461332963	0,17473806	0	0,33552808
Архитектура на компјутери	0	0,082095113	0,02200025	0	0	0	0,085236878	0,810667758	0	0	0
Структури на податоци и алгоритми	0	0,294506524	0	0	0	0	0	0,157457344	0	0	0,54803613
Теорија на графови	0	0	0,39966459	0,15982543	0	0,44050998	0	0	0	0	0
Визуелно програмирање	0	0	0	0	0,24411221	0	0	0,371171797	0,38471698	0	0
Графика и визуелизација	0	0	0	0	0,111018913	0	0	0,467336602	0,42164449	0	0
Интернет програмирање	0,023742	0	0,00083136	0	0,698198246	0	0	0,277228392	0	0	0
Напредни алгоритми	0,10672235	0	0,46552977	0	0,192515139	0	0	0,235232744	0	0	0
Безбедност на компјутерски системи	0	0	0	0	0,983876169	0	0	0	0,01612383	0	0
Вештачка интелигенција	0,21839139	0,454712936	0	0	0	0	0	0	0,02667416	0	0,30022152
Дистрибуирани компјутерски системи	0,25886986	0,260766146	0,2278593	0	0,252504693	0	0	0	0	0	0
Информациони системи	0	0	0	0	0,672886403	0	0	0,105348671	0,22176493	0	0

Овде, како пример е направена пресметка на композитната единица на релативно најнеефикасната продукциска единица произлезена со DEA во однос на наставно-

педагошката страна на студиската програма. Постапката е иста за сите продукциски единици за кои е пресметано дека се релативно неефикасни.

Табела 7.11. Линеарна алгебра – композитна единка  
Table 7.11. Linear algebra – composite unit

Име на предмет	Дискретна математика	Објектно ориентирано програмирање	Алгебарски структури	Информатика	Компјутерски мрежи	Теорија на информации	Дигитално процесирање на сигнали	Основи на операциски истражувања	ПСИРС	Управување и складирање на податоци	Машинско учење
Линеарна алгебра	0	0	0,07987482	0,437187836	0	0	0	0,212430184	0	0,270507159	0

Со споредба на композитната и реалната продукциска единка во однос на излезните параметри, се добива следниот резултат:

$$LA_{\text{композит}} = 0,07987482 * AC_{\text{реален}} + 0,437187836 * ИНФ_{\text{реален}} + 0,212430184 * ООИ_{\text{реален}} + 0,270507159 * УСП_{\text{реален}}$$

$$LA_{\text{реален}} \begin{bmatrix} 37038,26 \\ 5,21 \\ 0,775573 \\ 7,66 \\ 93 \end{bmatrix} : LA_{\text{композит}} \begin{bmatrix} 37038,26 \\ 5,21 \\ 0,905659 \\ 9,0095498 \\ 118,87942 \end{bmatrix} = \text{Девијација} \begin{bmatrix} \text{Влез1} \\ \text{Влез2} \\ +16,8\% \\ +17,8\% \\ +27,8\% \end{bmatrix}$$

Се покажува дека со оглед на излезната ориентираност на моделот, за да се постигне оптимизација, потребно е да се интервенира на излезната страна, односно:

- Зголемување на индексот на придонес на предметот кон предвидените критериуми за квалитет на студиската програма во однос на наставно-педагошкиот аспект за 16,8%:
  - Доколку се анализираат и резултатите во однос на исполнетоста на критериумите во рамките на овој предмет, може да се види дека најнеповолни резултати има во делот на примена на нови образовни технологии во наставната работа, како и во делот на водење, поддршка и менторирање на студентите. Во тој контекст, се предлага зголемување на обемот на активности во делот на менторирање на студентите и посветување на повеќе време за индивидуална работа со нив, воведување на нови методолошки пристапи кон спроведувањето на наставата, подобро планирање на работата на часовите.
- Зголемување на генералната оценка која се добива со електронската евалуација на предметот за 17,8% / под претпоставка дека овде

влегуваат други компоненти различни од четирите критериуми – зголемување на нивоата токму на тие критериуми (споменати се само дел од многуте):

- Поквалитетно планирање и развој на курикулумот;
  - Промена на пристапот во планирање и организирање на наставниот процес (демонстрација на ентузијазам и емпатија, примена на когнитивни, мотивациски и емоционални пристапи, примена на стратегии за учење кои вклучуваат и вештини за саморегулација на когнитивните и мотивациските процеси во учењето, создава позитивна клима на часот итн.);
  - Реализација на наставата (дидактично-методички аспекти);
  - Вреднување на студентите;
  - Педагошка комуникација со студентите итн.
- Зголемување на индексот кој покажува на научно-истражувачката работа на кадарот ангажиран на овој предмет за 27,8% преку:
    - Објавување на поголем број на научни трудови, монографии, книги, артикли и други форми;
    - Учество на научни домашни и меѓународни проекти;
    - Издавање на учебници и помагала за предметот / студентите;
    - Реализација на експерименти и други форми на апликативни дејности поврзани со областа итн.

### **7.3.5. Сумарен извештај за релативна ефикасност**

Со сумирање на двата излезни извештаи од DEA, за содржинската и наставно-педагошката страна, се добива конечниот извештај за евалуацијата на студиската програма Компјутерско инженерство и технологии, прикажан во продолжение.

Табела 7.12 Конечен извештај за релативна ефикасност на предмети – Компјутерско инженерство и технологии  
 Table 7.12 Final report of courses' relative efficiency – computer engineering and technologies

Предмет	Конечна ефикасност
Веројатност и статистика	1
Софтверско инженерство	1
Електронска комерција	1
Геоинформатика	1
Дискретна математика	1
Управување и складирање на податоци	1
Машинско учење	1
Основи на операциски истражувања	1
Бази на податоци	1
Развој на мобилни апликации	1
Применето софтверско инженерство во реална средина	1
Објектно ориентирано програмирање	0,994814772
Безбедност на компјутерски системи	0,990199178
Вештачка интелигенција	0,986350645
Алгебарски структури	0,974930271
Математика 2	0,968329066
Математика 1	0,968096744
Структури на податоци и алгоритми	0,958890306
Основи на програмирање	0,957675439
Визуелно програмирање	0,957056837
Информатика	0,956887312
Компјутерски мрежи	0,953047439
Оперативни системи	0,951986498
Системски софтвер	0,937106834
Дигитално процесирање на сигнали	0,933505129
Дигитална логика	0,926221939
Линеарна алгебра	0,925104481
Микрокомпјутерски системи	0,91701855
Архитектура на компјутери	0,914138702
Теорија на графови	0,910727673
Теорија на информации	0,904166096
Интернет програмирање	0,903389642
Графика и визуелизација	0,895461058
Компјутерски електронски елементи	0,885892256
Дистрибуирани компјутерски системи	0,877409177
Вовед во информатика	0,875331256
Напредни алгоритми	0,871459412
Информациски системи	0,8141005

Од конечниот извештај се заклучува дека постојат 11 предмети кои во оваа констелација на ресурси се најефикасни:

- Веројатност и статистика;
- Софтверско инженерство;
- Електронска комерција;
- Геоинформатика;
- Дискретна математика;
- Управување и складирање на податоци;
- Машинско учење;
- Основи на операциски истражувања;
- Бази на податоци;
- Развој на мобилни апликации и
- Применето софтверско инженерство во реална средина.

Распоредот на ресурсите и влезно-излезните параметри на овие предмети се пример за останатите предмети во поглед на двата аспекта на студиската програма, а во насока на подобрување на перформансите на останатите предмети кои се детектирани со помала релативна ефикасност.

### 7.3.6. Дискусија

Од спроведеното истражување, добиените резултати и нивната анализа, може да се идентификуваат следните клучни моменти:

- Од меѓурезултатите, како и од конечните резултати, може да се донесат следните заклучоци (студиска програма – компјутерско инженерство и технологии):
  - Во делот на содржинскиот аспект на студиската програма:
    - Најниската релативна ефикасност е 75,06%;
    - Медијалната вредност е 93,69%, што е мошне добар резултат и
    - 39,5% (15) од предметите се репер за распределбата на ресурсите, односно 28,95% (11) од предметите го сочинуваат ERS множеството.
  - Во делот на наставно-педагошкиот на студиската програма:
    - Најниската релативна ефикасност е 85%;
    - Медијалната вредност е 100%, што го покажува особено позитивниот резултат во овој дел на евалуацијата и





програма													
Репер предмети	38361,00	46870,47	7,52	8,06	0,91	0,89	8,95	9,02	60,00	75,62	1,00	1,00	
Средна релативна ефикасност	54651,00	64285,93	10,06	9,63	0,88	0,91	8,60	8,66	65,00	79,27	0,97	0,95	11,00
Ниска релативна ефикасност	71423,00	74285,95	6,09	6,95	0,83	0,82	7,66	7,47	75,00	71,60	0,86	0,86	3,00

Од прикажаното, може да се заклучи дека во однос на содржинската страна на предметите, најголемо отстапување во делот на платите има кај предметите со средна релативна ефикасност (133%), додека во делот на инвентарот и опремата, отстапувањето е најголемо кај предметите со ниска релативна ефикасност (86%). Во однос на наставно-педагошката страна, може да се забележи дека искуството кај наставниците во однос на предметите кои имаат средна релативна ефикасност е 50% поголемо од оние кои се во групата на репер предмети, а во однос на средствата истите имаат 42,4% поголемо оптоварување. Ова секако не може да значи дека за да станат релативно ефикасни, за исти процентни поени е потребно да се зголемат нивните излезни параметри. Ова доаѓа од ограничувањата на Likert-овата скала, меѓутоа и од непропорционалноста на моделот. Се смета дека кај овие наставници, во најмала рака со зголемувањето на периодот на ангажман/искуство (што е и логично), ќе се зголеми и релативната ефикасност на ниво на предмет. Едно размислување за надминување на ограничувањата во делот на опсегот на промена на податоците и ограничувањата во делот на можните вредности (Likert-ова скала) е со користење на нелинеарна трансформација на одредени параметри (на пример, платите и искуството во делот на наставно-педагошката страна) на предметите, пред користење на DEA. Интересно е што индексот за научно-истражувачка работа кај предметите од групата на средна релативна ефикасност е поголем во однос на репер предметите. Сепак, оптимизацијата не смее да значи размена (trade-off) на овој параметар за сметка на намалување на резултатите во делот на квалитетот на наставата и намалување на

граничникот на ефикасноста во оваа димензија. Предлогот за оптимизација е фокус на предметите со најниски вредности на индексите на квалитет на наставно-педагошката компонента и подобрување на 4-те критериуми согласно можностите.

- Целта на ова истражување, во делот на евалуацијата на наставно-педагошката страна на студиската програма не е фокусирана на оценувањето на перформансите на наставниците кои предавале на предметите кои се предмет на евалуација, туку демонстрација на предложениот метод за евалуација на перформансите на предметите во студиската програма во целина.
- Во контекст на примената на DEA, продукциска единка е секој од предметите кој произведува резултат за сметка на инвестираните ресурси:
  - Во смисла на содржинската страна на предметите, тие испорачуваат (произведуваат) стекнати знаења, односно дескрипторите на квалификација во интегрална форма со потребата од истите (пресметано со АНР) и ниво на квалитет на тие стекнати знаења (преку оценката за секој предмет). Овие резултати кај секој предмет се поврзани со два влезни параметри според кои се формираат очекувањата во смисла на стекнатите знаења: финансиските трошоци за кадарот, опремата и инвентарот, кои доколку се помали, ефикасноста на предметот ќе биде поголема, како и генеричкиот параметар – времетраење на студиската програма, односно пократка студиска програма со исти резултати на крајот има поголема ефикасност (помалку инвестирани ресурси – струја, вода, кирија и/или други квантитативни параметри).
  - Во смисла на наставно-педагошка страна на предметите, тие испорачуваат ниво на квалитет на реализираната настава од методолошки аспект (пресметано со АНР), генерален индекс на квалитет кој практично го нормализира овој резултат и научно-истражувачката работа на наставникот кој ја реализира и организира наставата. Овие три резултати се поврзани со

инвестициите кои според моделот влијаат на нив: финансиските средства за кадарот, кои доколку се помали, овозможуваат поголема ефикасност (наставник ангажиран за помали средства со исто ниво на квалитет во наставата овозможува поголема ефикасност на овој аспект на предметите) како и нивното искуство во години (повторно како генерички параметар).

- Со ваква поставеност на моделот, очекувањата се дека во случајот на содржинската страна на студиската програма, поголеми инвестиции во платите на наставниот и соработничкиот кадар, средства, инвентар и/или опрема ќе значат и поголемо ниво на квалитет на стекнатите квалификациски дескриптори од страна на студентите, како и поголема соодветност на нивната суштинска страна со потребите на пазарот на труд. Во делот на наставно-педагошката страна, очекувањата се дека во случај на поголеми инвестиции во делот на платите на наставниците, односно работењето со наставници кои подолго работат во академските води треба да значи и подобар квалитет на наставниот процес, како и подобар резултат во делот на научно-истражувачката дејност. Оваа зависност секако не е линеарна, што е во согласност и со моделот.
- Во рамките на факултетот, креирањето на суштинската страна на предметот, односно структурирањето на материјата на ниво на предмет се реализира од страна на наставникот и соработникот. Од друга страна, организацијата и предложувањето на техниките и методите за работа е претпоставено дека се должност само на наставникот и затоа оценувањето е фокусирано само на овој дел. Можно проширување на моделот е во делот на анализата на квалитетот на соработниците или интегрално (наставник + соработник).
- Претпоставката на моделот е дека прашалниците се спроведени на примерок од студенти (на секоја студиска програма поединечно) кои студирале контекстуално во исти услови (иста студиска програма (акредитација, генерација), наставници, физички објекти / предавални,

сали за вежби). Контекстот е ист и за наставниците кои ги спровеле предавањата.

- Во делот на наставно-педагошкиот аспект на предметите, четирите (или други) критериуми за квалитет на наставата може да бидат земени во предвид и како посебни излезни параметри во DEA моделот, во формат – секој критериум помножен со неговиот приоритет според АНР). На тој начин ќе се лоцираат предметите со најдобра алокација на ресурси во односот наставник – предмет – критериум за квалитет во наставата. Ова може да се реализира и во делот на содржинскиот аспект на предметите, каде што четирите (или други) дескриптори на квалификацијата може да се земат во предвид и како поединечни резултати од DEA, со што ќе може да се лоцираат оптималните врски во односот инвестиции - предмет – дескриптор.
- Институцијата може да предложи ограничувања во делот на некои од параметрите, односно нивните тежински коефициенти, со цел воведување на одредени ограничувања во флексибилноста на тие параметри (на пример, помало влијание), со што крајниот резултат ќе биде поблизок со целите на институцијата. Ова секако значи и дека ограничувањето на одредени параметри може да се постави на вредност 0. На пример, ако во делот на наставно-педагошката страна, во делот на DEA, ограничувањето на излезниот параметар научно-истражувачка работа се постави на 0 (или се контролира на друга вредност), моделот ќе продуцира излезен резултат на предмети со максимална вредност за перформансите на наставникот, односно квалитетот на наставата, во корелација со платите и искуството во години. Ова особено ќе биде интересно за анализа, доколку процентуално се пресмета односот на перформансите во однос на ситуацијата кога двата излезни параметри се вклучени. Така, ако предметот е релативно ефикасен при вклученост на научно-истражувачкиот опис на наставникот, меѓутоа е релативно неефикасен во случај кога истиот не е вклучен, ова покажува дека кај тој наставник е потребно да се работи на зголемување на квалитетот на испорака на методолошката страна на предметот. Доколку пак ова значително не

влијае на крајниот распоред, можна причина во истото е несоодветно оценување или несоодветно структурирани анкети за студентите, а во однос на наставно-педагошките критериуми. Сепак, не треба да се заборава дека анализата се однесува на ограничено множество на продукциски единици (предмети).

- Постоеноста на повеќе предмети кај кои е ангажиран ист наставник (и соработник) може да резултира со различна ефикасност на различните предмети во двата аспекти на евалуација на предметите. Тоа може да значи на пример поголема афилијација на наставникот кон одредени предмети во однос на други, односно примена на поквалитетни методи за работа на час на едни во однос на други предмети. Оваа грануларност е во насока на евалуација на перформансите по предмети. Во случај на потреба од концентрација на евалуацијата на ниво на наставник, потребно е агрегирање на перформансите на ниво на сите предмети кои ги предавал тој наставник.

## 8. ЗАКЛУЧОК

Евалуацијата во високото образование има основна цел – подобрување на испорачаниот краен производ. Во овој случај, се мисли на кадарот кој се генерира на крајот на процесот и задоволството, како на студентите, така и на сите останатите засегнати страни во процесот или во постобразовниот процес. Едно од појдовните прашања беше како да се вмрежат повеќе различни по природа параметри на јасен, прецизен и објективен начин, во насока на генерирање на конечен резултат кој нема да биде чисто наративен, туку со конкретни бројки и насоки ќе покаже што и каде е потребно да се промени во системот со цело негова оптимизација.

Сеопфатната цел на ова истражување е оценување на двата аспекти на студиската програма, односно перформансите на предметите во нивниот содржински (што се испорачува како квалификациски знаења, вештини и компетенции) и наставно-педагошки аспект (како се прави испораката на тие знаења, вештини и компетенции), со вклучување на студентите и пазарот на труд, во контекст на нивно подобрување. Согласно на тоа, резултатот мора да биде толкуван како иницијална каписла за стратегијата на институцијата во насока на оптимизирање на содржината на студиските програми, како и форматот на испорака на знаењата, вештините и компетенциите кои се предвидени со нив.

Многу е важно што во содржинскиот аспект е вклопено мислењето на пазарот на труд, со што објективно се генерира приоритетна листа на квалификациите кои се предвидени со студиската програма. Ваква приоритетна листа е генерирана и во поглед на критериумите за квалитетна настава, меѓутоа од гледна точка на студентите. Овие податоци процесирани преку АНР генерираат излезен резултат кој на интегрален начин покажува кој од 38-те предмети кои се предмет на анализа (студиска програма: Компјутерска техника и информатика, Факултет за информатика, Универзитет „Гоце Делчев“ од Штип) има највисок квалитет, како од содржински, така и од наставно-педагошки аспект.

Вака добиените резултати понатаму се процесирани со DEA, каде со вмрежување на уште едно множество на параметри, преку формирање на перцепција за модел-функција во рамките на предметите во студиската

програма (како продукциски единки) е направено пресметување на релативната ефикасност на предметите, со што на крајот се добиени поединечни (за содржинската и наставно-педагошката страна на студиската програма) и групен извештај за релативната ефикасност на предметите во рамките на таа студиска програма. DEA оди чекор напред со давањето на предлог мерки за оптимизација, односно кои од параметрите и во каков обем е потребно да се променат, за да во овие услови на анализа, одредени предмети ја зголемат својата ефикасност. Секако, преземањето на таквите чекори скоро секогаш резултира и со генералното подобрување на самата организација.

Податоците кои се користени во рамките на ова истражување се реални податоци од државниот Универзитет „Гоце Делчев“ од Штип. Со евалуацијата се утврдени предмети кои во содржинска смисла (11), односно наставно-педагошка смисла (24) се релативно ефикасни. Дополнително, со утврдувањето на композитните примероци на предметите, предложени се мерки и проценти за оптимизација во делот на конкретни параметри, а во насока на постигнување на ефикасното ниво од страна на релативно неефикасните предмети.

Возможни се дополнителни подобрувања на моделот, со измена и проширување на параметрите кои се важни за институцијата, конструкција на студентските прашалници, односно прашалникот за пазарот на труд во согласност со потребите, поширока сеопфатност на параметарот за научно-истражувачка дејност на наставниот кадар итн. Можни правци на проширување во делот на евалуацијата на наставно-педагошката страна се земањето во предвид на големината на класот, типот на предметот (природни науки, општествени науки, уметност), локација, големина на објект итн. Сумарно, моделот отвара навистина широк пат за дискусија и истражување, со користење на ANP и DEA во комбинација со соодветни студентски прашалници, во насока на рефлектирање на потребите на студентите и пазарот на труд, односно други засегнати страни.

Моделот кој е разработен во рамките на оваа дисертација е солидна основа за развивање на софтверско решение во правец на автоматизирање на процесот на управување со квалитет на студиските програми и пошироко. Истиот, преку објективна примена овозможува надминување на некои од проблемите кои се специфични во оваа област, како што се различните интереси и перцепции за квалитет, надминување на опасноста добиените и планираните

исходи да се разликуваат многу, како и можноста реално да се оптимизираат ресурсите, наместо усогласување на образовните системи. Преку користењето на техники за оптимизација со кои се прави премин од квантитет во квалитет и процесирањето на податоците, во смисла повторно истите да се толкуваат во квалитативен аспект и да се дадат предлози за подобрување, контролата на квалитетот е возможно да се прави во реално време, со што може многу да помогне во донесувањето на објективни одлуки и преземањето на соодветни чекори за подобрување на квалитетот.

Со примената на еден ваков модел за евалуација на студиски програми се напушта наративниот концепт на евалуација и се воведува нов формат на интегрална анализа на квалитетот преку вмрежување на повеќе параметри различни по природа. Моделот е скалабилен, односно лесно може да се прилагодува на потребите на крајниот корисник согласно перцепцијата, потребите и/или легислативата. Дополнително, со ова истражување се отвара широко поле на можни истражувања во понатамошната работа во делот на операциските истражувања, каде со примена на математички оптимизациски техники и евалуациски методи, може да се генерира краен резултат кој ќе ги рефлектира преференците на субјектите во образовниот систем кои се сметаат за клучни.



## 9. ПРИЛОЗИ

**Прилог 1:** Прашалник за важност / приоритет на предвидените квалификации во студиската програма

Оцени ја важноста на секоја од предвидените квалификации на студиската програма Компјутерско инженерство и технологии во однос на другите (1 и 2 меки/општи квалификации, 3 и 4 специфични компетенции/вештини) од аспект на фирми/компаниии кои се потенцијални работодавачи за студентите кои завршуваат на овие насоки (JUNIOR LEVEL при вработување).

1. Оцени ја важноста на секоја од квалификациите (две општи и две специфични) една во однос на друга (деталите за секоја квалификација беа наведени во прашалникот согласно табела 6.2.):

1 - ОПШТА КВАЛИФИКАЦИЈА / Знаење и разбирање

2 - ОПШТА КВАЛИФИКАЦИЈА / Способност за проценка

3 - СПЕЦИФИЧНА КВАЛИФИКАЦИЈА / Примена на знаење и разбирање

4 - СПЕЦИФИЧНА КВАЛИФИКАЦИЈА / Вештини на учење

	Важен е само првиот	Првиот е многу поважен од вториот	Првиот е малку поважен од вториот	Иста важност	Вториот е малку поважен од првиот	Вториот е многу поважен од првиот	Важен е само вториот
1 во однос на 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1 во однос на 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1 во однос на 4	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2 во однос на 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2 во однос на 4	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3 во однос на 4	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. Компанија и број на вработени (пример: Logosoft, >100)

**Прилог 2:** Прашалник за степенот на придонесот на предметите од студиската програма во стекнувањето на предвидените квалификации

Оцени го придонесот на секој од предметите во стекнувањето на предвидената општа или специфична квалификација (Компјутерско инженерство и технологии, Компјутерски науки) / Пополни ја анкетата и во случај на различен професор/наставник на наведениот предмет.

1 - ОПШТА КВАЛИФИКАЦИЈА / Знаење и разбирање

2 - ОПШТА КВАЛИФИКАЦИЈА / Способност за проценка

3 - СПЕЦИФИЧНА КВАЛИФИКАЦИЈА / Примена на знаење и разбирање

4 - СПЕЦИФИЧНА КВАЛИФИКАЦИЈА / Вештини на учење

(деталите за секоја квалификација беа наведени во прашалникот согласно табела 6.2.)

Тип на прашање поставено за секој од предметите во студиската програма:

	Нема придонес	Мал придонес	Значителен придонес	Мошне придонес	голем	Целосен придонес
Општа квалификација – Знаење и разбирање	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>
Општа квалификација – Способност за проценка	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>
Специфична квалификација – Примена на знаење и разбирање	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>
Специфична квалификација – Вештини на учење	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>

Листа на предмети од студиската програма за кои е поставено прашањето:

Семестар	Предмет	Задолжителен	Кредити
1	Вовед во информатика	Да	6,00
1	Компјутерски електронски елементи	Да	6,00
1	Математика 1	Да	8,00
1	Основи на програмирање	Да	6,00
1	Дискретна математика	Не	4,00
1	Линеарна алгебра	Не	4,00
2	Дигитална логика	Да	6,00
2	Математика 2	Да	6,00
2	Објектно ориентирано програмирање	Да	6,00
2	Алгебарски структури	Не	6,00

2	Информатика	Не	4,00
3	Архитектура на компјутери	Да	6,00
3	Софтверско инженерство	Да	6,00
3	Структури на податоци и алгоритми	Да	6,00
3	Веројатност и статистика	Не	6,00
3	Теорија на графови	Не	6,00
4	Бази на податоци	Да	6,00
4	Визуелно програмирање	Да	6,00
4	Компјутерски мрежи	Да	6,00
4	Оперативни системи	Да	6,00
5	Графика и визуелизација	Да	6,00
5	Интернет програмирање	Да	6,00
5	Теорија на информации	Да	6,00
5	Напредни алгоритми	Не	6,00
5	Системски софтвер	Не	6,00
6	Дигитално процесирање на сигнали	Да	6,00
6	Микрокомпјутерски системи	Да	6,00
6	Развој на мобилни апликации	Не	6,00
6	Основи на операциски истражувања	Не	6,00
7	Безбедност на компјутерски системи	Да	6,00
7	Вештачка интелигенција	Да	6,00
7	Геоинформатика	Не	6,00
7	Електронска комерција	Не	6,00
7	Применето софтверско инженерство во реална средина	Не	6,00
7	Управување и складирање на податоци	Не	6,00
8	Дистрибуирани компјутерски системи	Да	6,00
8	Информациски системи	Да	6,00
8	Машинско учење	Не	4,00

**Прилог 3:** Прашалник за важност / приоритет на критериуми за квалитет во наставата

Оцени ја важноста на секој од критериумите кои го определуваат квалитетот на наставата во однос на останатите:

- 1 - Планирање и организација на наставата во насока на студентот
- 2 - Реализација на наставата преку поттикнување на практична примена на содржината на предметот
- 3 - Примена на нови образовни технологии во наставната работа
- 4 - Водење, поддршка или менторирање на студентите

	Важен е само првиот	Првиот е многу поважен од вториот	Првиот е малку поважен од вториот	Иста важност	Вториот е малку поважен од првиот	Вториот е многу поважен од првиот	Важен е само вториот
1 во однос на 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1 во однос на 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1 во однос на 4	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2 во однос на 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2 во однос на 4	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3 во однос на 4	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Прилог 4:** Прашалник за степенот на исполнетост на критериумите за квалитетот на наставата (наставно-педагошкиот аспект) по предмети

Оцени го нивото на исполнетост на критериумите кои го определуваат квалитетот на наставно-педагошкиот аспект на предметите во рамките на студиската програма (Компјутерско инженерство и технологии, Компјутерски науки) / Студентот пополнува за секој предмет кој го слушал во рамките на студиската програма.

Тип на прашање поставено за секој од предметите во студиската програма:

	Воопшто не се согласувам	Не согласувам	се во целост	Делумно се согласувам	Се согласувам во најголем дел	Целосно се согласувам
Наставата беше соодветно планирана, организирана и реализирана според потребите на студентите	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Предметот вклучуваше примена на материјата во пракса и практични примери	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Се користеа нови образовни (дигитални и други) ресурси, пристапи алатки во наставата	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Секогаш постоеше можност за индивидуална работа со професорот.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Листа на предмети од студиската програма Компјутерско инженерство и технологии за кои е поставено прашањето:

Семестар	Предмет	Задолжителен	Кредити
1	Вовед во информатика	Да	6,00
1	Компјутерски електронски елементи	Да	6,00
1	Математика 1	Да	8,00
1	Основи на програмирање	Да	6,00
1	Дискретна математика	Не	4,00
1	Линеарна алгебра	Не	4,00
2	Дигитална логика	Да	6,00
2	Математика 2	Да	6,00
2	Објектно ориентирано програмирање	Да	6,00
2	Алгебарски структури	Не	6,00

2	Информатика	Не	4,00
3	Архитектура на компјутери	Да	6,00
3	Софтверско инженерство	Да	6,00
3	Структури на податоци и алгоритми	Да	6,00
3	Веројатност и статистика	Не	6,00
3	Теорија на графови	Не	6,00
4	Бази на податоци	Да	6,00
4	Визуелно програмирање	Да	6,00
4	Компјутерски мрежи	Да	6,00
4	Оперативни системи	Да	6,00
5	Графика и визуелизација	Да	6,00
5	Интернет програмирање	Да	6,00
5	Теорија на информации	Да	6,00
5	Напредни алгоритми	Не	6,00
5	Системски софтвер	Не	6,00
6	Дигитално процесирање на сигнали	Да	6,00
6	Микрокомпјутерски системи	Да	6,00
6	Развој на мобилни апликации	Не	6,00
6	Основи на операциски истражувања	Не	6,00
7	Безбедност на компјутерски системи	Да	6,00
7	Вештачка интелигенција	Да	6,00
7	Геоинформатика	Не	6,00
7	Електронска комерција	Не	6,00
7	Применето софтверско инженерство во реална средина	Не	6,00
7	Управување и складирање на податоци	Не	6,00
8	Дистрибуирани компјутерски системи	Да	6,00
8	Информациски системи	Да	6,00
8	Машинско учење	Не	4,00

Листа на предмети од студиската програма Турски јазик и книжевност за кои е поставено прашањето:

Семестар	Предмет	Задолжителен	Кредити
1	Современ турски јазик 1	Да	8
1	Контрастивна анализа на македонскиот и турскиот јазик	Да	6
1	Отоманско-турски јазик	Не	4
2	Фонетика и фонологија на современиот турски јазик 2	Да	6
2	Турска народна книжевност 1	Да	6
2	Современ турски јазик 2	Да	8
3	Турска народна книжевност 2 (исламски период)	Да	6
3	Турска детска книжевност - Вовед 2	Да	6
4	Морфологија на современиот турски јазик 2	Да	6
4	Стара турска книжевност 1 (11-15 век)	Да	6
5	Синтакса на современиот турски јазик 1	Да	6
5	Стара турска книжевност 2 (16-18 век)	Да	6

5	Теорија на преведување и толкување 1	Да	6
6	Синтакса на современиот турски јазик 2	Да	6
6	Современа турска книжевност 1 (танзиматски и посттанзиматски период)	Да	6
7	Методика на наставата по турски јазик и книжевност 1	Да	6
7	Современа турска книжевност 2 (републикански период и потоа)	Да	8
7	Турска детска книжевност 1	Да	6
7	Преведување и толкување на текстови од турски на македонски јазик	Да	8
8	Методика на наставата по турски јазик и книжевност 2	Да	6
8	Преведување и толкување на текстови од македонски на турски јазик	Да	6
8	Турска детска литература 2	Не	4

---

## КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

- [1] Агенција за квалитет во високото образование АКВО (2021). Преземено на 7 јули, 2021 година од <http://akvo.mk/index.php>
- [2] Агенција за квалитет во високото образование АКВО (2021). **Деловник за работа**. Преземено на 7 јули, 2021 година од [http://akvo.mk/docs/DELOVNIK\\_OE-25.08.2020.pdf](http://akvo.mk/docs/DELOVNIK_OE-25.08.2020.pdf)
- [3] Alam, M. N. and Jebran, J. K. and and Hossain, M. A. (2012). **Analytical Hierarchy Process (AHP) Approach on consumers preferences for selecting telecom operators in Bangladesh**. Information and Knowledge Management, Vol 2, No.4, pp. 7-19. ISSN (Online)2224-896X
- [4] Alaniska, H., Codina, E. A., Bohrer, J., Dearlove, R., Eriksson, S., Helle, E. M, & Wiberg, L. K. (2006). **Student involvement in the processes of quality assurance agencies**. Retrieved from <http://www.enqa.eu/pubs.lasso>
- [5] Alonso, J.A. and Lamata, T. (2006). **Consistency in the analytic hierarchy process: A new approach**. International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems. Vol.14, No.4 (2006) 445-459 <https://doi.org/10.1142/S0218488506004114>
- [6] Altman, B. W., Schwegler, A. F., & Bunkowski, L. M. (2014). **Beliefs regarding faculty participation in peer reviews of online courses**. Internet Learning, Vol.3, Issue 1, Spring 2014.
- [7] Aly, Nael and Akpovi, Joseph (2001). **Total Quality Management in California Public Higher Education**. Quality Assurance in Education, Vol. 9, No. 3, pp. 127-131. DOI:[10.1108/09684880110399077](https://doi.org/10.1108/09684880110399077)
- [8] Ansah, R. H. and Sorooshian, S. and and Mustafa, S (2015). **Analytic Hierarchy Process Decision Making Algorithm**. ISSN 0973-1768 Volume 11, Number 4 (2015), pp. 2403-2410
- [9] Aoki, K., Uehara, M., Kato, C. & Hirahara, H. (2016). **Evaluation of Rugby Players' Psychological-Competitive Ability by Utilizing the Analytic Hierarchy Process**. Open Journal of Social Sciences, Vol.4. No.12, December, 2016. DOI: 10.4236/jss.2016.412010
- [10] Aronson, E. J., Zions, S. (1998). **Operation Research: Methods, Models, and Applications**. Quorum Books, Westport, Connecticut
- [11] Asif, M., Raouf, A., & Searcy, C. (2012). **Developing measures for performance excellence: Is the Baldrige criteria sufficient for performance excellence in higher education?**. Quality & Quantity, 47(6), 3095– 3111. <http://dx.doi.org/10.1007/s11135-012-9706-3>
- [12] Asmild, Mette and Paradi, Joseph C. and Reese, David N. and Tam, Fai (2007). **Measuring overall efficiency and effectiveness using DEA**. European Journal of Operational Research, Volume 178, Issue 1, Pages 305-321, ISSN 0377-2217
- [13] Astin, A.W. (1980). **Improving Teaching and Institutional Quality**. Proceedings of American Association for Higher Education, pp. 1-9. ERIC Number: ED194004
- [14] Aziz, N.F. and Sorooshian, S. and Mahmud, F. (2016). **MCDM – AHP METHOD IN DECISION MAKINGS**. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol. 11, NO. 11, June 2016. ISSN 1819-6608
- [15] Banker, Rajiv D. and Charnes, Abraham and Cooper, William W. and Maindiratta, Ajay (1988). **A Comparison of DEA and Translog Estimates of**



- Production Frontiers Using Simulated Observations from a Known Technology.** Book: Applications of Modern Production Theory: Efficiency and Productivity. DOI: 10.1007/978-94-009-3253-1
- [16] Banker, Rajiv and Emrouznejad, Ali and Lopes, Ana and Lucia Miranda and Rodrigues de Almeida, Mariana (2012). **DATA ENVELOPMENT ANALYSIS: THEORY AND APPLICATIONS.** Proceedings of the 10<sup>th</sup> international conference on DEA, August 2012, Natal Brazil, 340pp, ISBN: 978 185449 437 5
- [17] Barnett, R. (1992). **Improving higher education: Total quality care.** Bristol, PA: SRHE and Open University Press. ISBN: ISBN-0-335-09984-X
- [18] Basheer Al-Alak A.M. (2009). **Measuring and Evaluating Business Students Satisfaction Perception at Public and Private Universities in Jordan.** Asian Journal of Marketing, 3: 33-51. DOI: 10.3923/ajm.2009/33.51
- [19] Bhonsle, J.S. & Junghare, A.S. (2015). **Application of MCDM – AHP Technique for PMU Placement in Power System.** 2015 IEEE International Conference on Computational Intelligence & Communication Technology. DOI: [10.1109/CICT.2015.127](https://doi.org/10.1109/CICT.2015.127)
- [20] Biggs, John B. (2001). **The reflective institution: Assuring and enhancing the quality of teaching and learning.** Higher Education, 4, 221-238. [http://dx.doi.org/10.1016/0969-5931\(94\)00033-1](http://dx.doi.org/10.1016/0969-5931(94)00033-1)
- [21] Bonissone, Piero P. and Subbu, Raj and Lizzi, John (2009, September). **Multi Criteria Decision Making (MCDM): A Framework for Research and Applications.** Article in IEEE Computational Intelligence Magazine. DOI: 10.1109/MCI.2009.933093
- [22] British QAA - Quality Assurance Agency (2021). Преземено на 15 јули, 2021 година од <https://www.qaa.ac.uk/>
- [23] Carmichael, R., Palermo, J., Reeve, L., & Vallenge, K. (2001). **Student learning: 'The heart of quality' in education and training.** Assessment & Evaluation in Higher Education, 26(5), 449–463. <http://dx.doi.org/10.1080/02602930120082023>
- [24] Chapleo, Chris (2010). **Stakeholder analysis in higher education.** Perspectives. DOI: 10.1080/13603100903458034
- [25] Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). **Measuring the efficiency of decision making units.** *European Journal of Operational Research.* 2(6), 429–444. doi:10.1016/0377-2217(78)90138-8
- [26] Charnes, A., W.W. Cooper, B. Golany, L. Seiford and J. Stutz, (1985) **Foundations of Data Envelopment Analysis for Pareto-Koopmans Efficient Empirical Production Functions.** Journal of Econometrics (1985), 30, pp. 91-107. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(85\)90133-2](https://doi.org/10.1016/0304-4076(85)90133-2)
- [27] Charnes, A. & Cooper, W.W. (1973). **An explicit general solution in linear fractional programming.** Naval Research Logistics Quarterly 20 (3). DOI: 10.1002/NAV.3800200308
- [28] Charnes, A. & Cooper, W.W. (1962). **Programming with linear fractional functionals.** Naval Res. Logist. Quart. 9 (3,4) 181-185. <https://doi.org/10.1002/nav.3800090303>
- [29] Chen J, Hsieh H and Do QH (2015). **Evaluating teaching performance based on fuzzy AHP and comprehensive evaluation approach.** Applied Soft Computing 28:100–108. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2014.11.050>

- [30] Cheng, M. (2010). ***Audit cultures and quality assurance mechanisms in England: A study of their perceived impact on the work of academics.*** Teaching in Higher Education, 15(3) 259–271.  
<http://dx.doi.org/10.1080/13562511003740817>
- [31] Collini, Stefan (2013). ***What are Universities for?*** Penguin Books. ISBN: 9781846144820
- [32] Cooper, William & Seiford, Lawrence & Zhu, Joe. (2011). ***Data Envelopment Analysis: History, Models, and Interpretations. Handbook on Data Envelopment Analysis.*** Springer, ISBN: 10.1007/978-1-4419-6151-8\_1.
- [33] Cooper, William & Seiford, Lawrence & Zhu, Joe. (2011). ***Sensitivity analysis. Handbook on Data Envelopment Analysis.*** Springer, ISBN: 10.1007/978-1-4419-6151-8\_1.
- [34] Cooper, William W., Seiford, Lawrence M., Tone, Kaoru (2007). ***DATA ENVELOPMENT ANALYSIS – A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software, Second Edition.*** Springer Science + Business Media, LLC. ISBN-13: 978-0387-45283-8 (e-book).
- [35] Cooper, William W., Seiford, Lawrence M., Tone, Kaoru (2006). ***Introduction to Data Envelopment Analysis and its uses (with DEA-Solver Software and References)***. ISBN-10: 0-387-29122-9 (e-book)
- [36] Council for Higher Education Accreditation (CHEA) (2014). ***Information about accreditation.*** [Para. 1]. Преземено на 3 јуни, 2021 година од <http://www.chea.org/>
- [37] Council of Europe (2021). ***Европска Конвенција за Култура.*** Преземено на 8 јуни, 2021 година од [European Cultural Convention \(Paris, 1954\) \(coe.int\)](http://www.coe.int/T/E/H/Convention/Convention_Paris_1954.asp)
- [38] Council of Europe (2021). ***Lisbon Recognition Convention.*** Преземено на 7 април, 2021 година од <https://www.coe.int/en/web/higher-education-and-research/lisbon-recognition-convention>
- [39] Crumbley, L. and Henry, B.K. and Kratchman, S.H. (2001). ***Students' perceptions of the evaluation of college teaching.*** Quality Assurance in Education 9(4): 197-207. <https://doi.org/10.1108/EUM0000000006158>
- [40] Crumbley, D.L. and Reichelt, K.J. (2009). ***Teaching effectiveness, impression management and dysfunctional behaviour: Student evaluation of teaching control data.*** Quality Assurance in Education 17(4): 377-392. ISSN: ISSN-0968-4883
- [41] Curaj, A. and Matei, L. and Pricopie, R. and Salmi, J. and P. Scott (Eds.). ***The European higher education area: Between critical reflections and future policies*** (pp. 625-637). London, UK: Springer Open. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-20877-0\\_40](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-20877-0_40)
- [42] De Witte K. & Rogge, N. (2011). ***Accounting for exogenous influences in performance evaluation of teachers.*** Economics of Education Review 30(4): 641-653. DOI:[10.1016/j.econedurev.2011.02.002](https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2011.02.002)
- [43] Deogratias Bugandwa Mungu Akonkwa (2009). ***Is market orientation a relevant strategy for higher education institutions?*** Context analysis and research agenda. International Journal of Quality and Service Sciences, October 2009. DOI:[10.1108/17566690911004230](https://doi.org/10.1108/17566690911004230)
- [44] Derigs, Ulrich (2009). ***Optimization and Operation Research.*** Volume 2. UNESCO – EOLSS. ISBN-978-1-905839-49-0

- [45] Douglas J, Douglas A and Barnes B (2006). **Measuring student satisfaction at a UK university**. Quality Assurance in Education 14(3):251–267. ISSN: ISSN-0968-4883
- [46] Drucker, P. (2001). **Eficiența factorului decizional (“The efficiency of the decision makers”)**. Bucuresti: Editura Destin.
- [47] DuBois PH and Garson E (1970). **A History of Psychological Testing**. Allyn and Bacon: Boston
- [48] Eaton, J. S. (2011). **U.S. accreditation: Meeting the challenges of accountability and student achievement**. Education in Higher Education, 5(1). DOI: 10.6197/EHE.2011.0501.01
- [49] Elassy, N. (2013). **A model of student involvement in the quality assurance system at institutional level**. Quality Assurance in Education, 21(2), 162–198. <http://dx.doi.org/10.1108/09684881311310692>
- [50] Elsner, W. and Heinrich, T. and Schwardt, H. (2015). **The Ideal Neoclassical Market and General Equilibrium**. \*\*Matthias Greiff has contributed to this chapter. The Microeconomics of Complex Economies, 97–128. doi:10.1016/b978-0-12-411585-9.00005-1
- [51] Emrouznejad, Ali & Banker, Rajiv & Lopes, Ana & Almeida, Mariana. (2013). **Data Envelopment Analysis in the Public Sector**. Socio-Economic Planning Sciences. 48. DOI: 10.1016/j.seps.2013.12.005.
- [52] EHEA, European Higher Education Area (2021). Преземено на 1 јуни, 2021 година од <https://www.ehea.info/>
- [53] EHEA, European Higher Education Area (2021). **Вработливост на матуранти**. Преземено на 2 јуни, 2021 година. [European Higher Education Area and Bologna Process \(ehea.info\)](https://www.ehea.info/)
- [54] EHEA, European Higher Education Area (2021). **Болоњска Декларација**. Преземено на 3 март, 2021 година од [THE EUROPEAN HIGHER EDUCATION AREA \(ehea.info\)](https://www.ehea.info/)
- [55] ENQA (2015). **Standards and Guidelines for Quality Assurance in the EHEA**. Преземено на 5 јули, 2021 година од [https://www.enqa.eu/wp-content/uploads/2015/11/ESG\\_2015.pdf](https://www.enqa.eu/wp-content/uploads/2015/11/ESG_2015.pdf)
- [56] ENQA (2000). **European Association for Quality Assurance in Higher Education**. Преземено на 6 јули, 2021 година од <https://www.enqa.eu/>
- [57] ENQA (2000). **About ENQA**. Преземено на 7 јули, 2021 година од <https://www.enqa.eu/about-enqa/>
- [58] Erkut, E. and Tarimcilar, M. (1991). **On Sensitivity Analysis in the Analytic Hierarchy Process**. IMA Journal of Management Mathematics, 3(1), 61-83. DOI: 10.1093/imaman/3.1.61
- [59] European Commission (2021). **Аспекти на квалитет во високото образование**. Преземено на 25 јули, 2021 година. [https://ec.europa.eu/education/policies/higher-education/relevant-and-high-quality-higher-education\\_en](https://ec.europa.eu/education/policies/higher-education/relevant-and-high-quality-higher-education_en)
- [60] European Commission (2021). **Дефиниција на исходи од учење (LO)**. Преземено на 3 јуни, 2021 година. [ESCO - ESCOpedia - European Commission \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/education/policies/higher-education/relevant-and-high-quality-higher-education_en)
- [61] European Commission (2021). **Европска Рамка на Квалификации (EQF)**. Преземено на 10 јуни, 2021 година од [ESCO - ESCOpedia - European Commission \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/education/policies/higher-education/relevant-and-high-quality-higher-education_en)

- [62] European Commission (2021). **Болоњски процес и ЕНЕА**. Преземено на 2 април, 2021 година од [https://ec.europa.eu/education/policies/higher-education/bologna-process-and-european-higher-education-area\\_en](https://ec.europa.eu/education/policies/higher-education/bologna-process-and-european-higher-education-area_en)
- [63] European Commission (2021). **BPIR, Bologna Process Implementation Report**. Преземено на 1 јули, 2021 година од [Focus on: the European Higher Education Area after two decades of the Bologna Process - a brief look back | Eurydice \(europa.eu\)](https://eurydice.europa.eu/Focus%20on%3A%20the%20European%20Higher%20Education%20Area%20after%20two%20decades%20of%20the%20Bologna%20Process%20-%20a%20brief%20look%20back)
- [64] European Commission/EACEA/Eurydice (2020). **The European Higher Education Area in 2020: Bologna Process Implementation Report**. Luxembourg: Publications Office of the European Union
- [65] European Union (2021). Европска рамка на квалификации. Преземено на 1 јули, 2021 година од <https://europa.eu/europass/en/european-qualifications-framework-eqf>
- [66] European Union (2021). Национална рамка на квалификации. Преземено на 7 мај, 2021 година од <https://www.cedefop.europa.eu/en/events-and-projects/projects/national-qualifications-framework-nqf>
- [67] European Union, (2021). 8 нивоа на EQF и LO. Преземено на 30 мај, 2021 од [Description of the eight EQF levels | Europass](https://europa.eu/europass/en/european-qualifications-framework-eqf)
- [68] Fare, R., Grosskopf, S., Kirkley, J.E., Squires, D. (2000). **Data Envelopment Analysis (DEA): A Framework for Assessing Capacity in Fisheries When Data Are Limited**. IIFET 2000 Proceedings.
- [69] Farrell, M.J. (1957). **The measurement of productive efficiency**. Journal of Royal Statistical Society A 120, 253-281. <https://doi.org/10.2307/2343100>
- [70] Feigenbaum, A. (1994). **Quality education and America's competitiveness. Quality**. Prog. Vol. 27, Iss. 9, pp 83-84
- [71] Garben, Sacha (2010). **The Bologna Process and the Lisbon Strategy: Commercialization of Higher Education through the Back Door?**. Croatian Yearbook of European Law and Policy. DOI: [10.3935/cyelp.06.2010.110](https://doi.org/10.3935/cyelp.06.2010.110)
- [72] Gass, S. (2001). **The Analytic Hierarchy Process-An Exposition**. Operations Research. 49. 469-486. 10.1287/opre.49.4.469.11231.
- [73] Grifoll, J., Hopbach, A., Kekalainen, H., Lugano, N., Rozsnyai, C., & Shopov, T. (2012). **Quality procedures in the European higher education area and beyond – visions for the future**. Third ENQUA survey. Retrieved on 8<sup>th</sup> of August, 2021 from [https://www.engqa.eu/wp-content/uploads/ENQA\\_op18.pdf](https://www.engqa.eu/wp-content/uploads/ENQA_op18.pdf)
- [74] Google Scholar, freely accessible web search engine. Податоци преземени на 15 септември, 2021 година, од <https://scholar.google.com/>
- [75] Gronroos, Christian (1984). **A Service Quality Model and its Marketing Implications**. European Journal of Marketing, Vol. 18, No. 4, pp. 36-44. DOI: [10.4236/jssm.2013.65A004](https://doi.org/10.4236/jssm.2013.65A004)
- [76] Gruber, Thorsten and Fuß, Stefan and Voss, Roediger & Gläser-Zikuda, Michaela. (2010). **Examining Student Satisfaction with Higher Education Services: Using A New Measurement Tool**. International Journal of Public Sector Management. 23. 105-123. 10.1108/09513551011022474.
- [77] Harvey, L. (2014). **Quality In Analytic Quality Glossary**. Retrieved from <http://www.qualityresearchinternational.com/glossary/quality.htm>
- [78] Harvey, Lee and Green, Diana (1993). **Defining quality**. Assessment and Evaluation in Higher Education, Vol. 18, No. 1, pp. 9-34. <https://doi.org/10.1080/0260293930180102>



- [79] Harvey, L. and Knight, P. T. (1996). ***Transforming Higher Education***. Buckingham, Society for Research into Higher Education (SRHE) and Open University Press. (Publication date: October, 1996). **ISSN Online:** 2151-4771
- [80] Hewitt, Fred and Clayton, Marlene (1999). ***Quality and Complexity LESSONS from English Higher Education***. International Journal of Quality and Reliability Management, Vol. 16, No. 9, pp. 838-858.  
DOI: <https://doi.org/10.1108/02656719910289159>
- [81] Hill, Yvone and Lomas, Laurie and Macgregor, Janet (2003). ***Students Perceptions of Quality in Higher Education***. Quality Assurance in Education, Vol. 11, No. 1, pp. 15-20. DOI:[10.1108/09684880310462047](https://doi.org/10.1108/09684880310462047)
- [82] Ho, W. (2008). ***Integrated analytic hierarchy process and its applications – A literature review***. European Journal of operational research, 186(1),211-228. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.01.004>
- [83] Hou, A. (2012). ***Mutual recognition of quality assurance decisions on higher education institutions in three regions: A lesson for Asia***. Higher Education, 64(6), 911–926. <http://dx.doi.org/10.1007/s10734-012-9536-1>
- [84] Houston, D. (2008). ***Rethinking Quality and Improvement in Higher Education***. Quality Assurance in Education, Vol. 16, No. 1, pp. 61-79, 2008. <https://doi.org/10.1108/09684880810848413>
- [85] Hřebíček, Jiří & Trenz, Oldrich & Chvatalova, Zuzana & Soukopová, Jana. (2014). ***Optimization of Corporate Performance Using Data Envelopment Analysis with Maple***. Engineering Optimization IV - Proceedings of the 4th International Conference on Engineering Optimization, ENGOPT 2014. 10.1201/b17488-136.
- [86] Hwang C.L., and Yoon K. (1981). ***Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications: A State-of-the-Art Survey***. Springer-Verlag, New York, NY. ISBN: 978-3-642-48318-9.
- [87] Iqbal Ali, A. and Lerne, C.S. (1997). ***Comparative advantage and disadvantage in DEA***. Annals of Operations Research **73**, 215–232. <https://doi.org/10.1023/A:1018929228294>
- [88] Jahan, A., Edwards, K.L. & Bahraminasab, M. (2016). ***Multi-criteria decision-making for materials selection. Multi-Criteria Decision Analysis for Supporting the Selection of Engineering Materials in Production Design***. 63-80. Doi:10.1016/b978-0-08-100536-1.00004-7
- [89] Joseph, Mathew and Joseph, Beatriz (1997). ***Service Quality in Education: A Student Perspective***. Quality Assurance in Education, Vol. 5, No. 1, pp. 15-21.
- [90] Karaim, R. (2011). ***Expanding higher education***. CQ Global Researcher, 5(22), 525–572. Retrieved from <http://www.sagepub.com/>
- [91] Карчицка, Л. Д. (2000). ***Теорија и методи на линеарното програмирање***. Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ – Скопје
- [92] Kettunen, Juha (2015). ***Stakeholder relationships in higher education***. Tertiary Education and Management, 21:1, 56 - 65.  
DOI: 10.1080/13583883.2014.997277
- [93] Khaled, Sanaa and El Khatib, Sami. (2020). ***Summative Assessment in Higher Education: A Feedback for Better Learning Outcomes***. The International Arab Conference on Quality Assurance in Higher Education (IACQA' 2019)
- [94] Klutho, S. (2013). ***Mathematical Decision Making. An Overview of the Analytic Hierarchy Process***. Computer Science. Corpus ID: 39389506.

- [95] Kostlan, E. (1991). **Statistical complexity of dominant Eigenvector calculation**. Hawaii: Journal of Complexity Volume 7, Issue 4, December 1991, Pages 371-379. DOI: 10.1016/0885-064X(91)90025-S
- [96] Kundu, Goutam Kumar (2016). **Higher Education Quality: A Literature Review**. ICTACT JOURNAL ON MANAGEMENT STUDIES, MAY 2016, VOLUME: 02, ISSUE: 02 DOI: 10.21917/ijms.2016.0037
- [97] Lambin, J.J. (2000). **Market-Driven Management. Strategic and Operational Marketing**. McMillan Business, London. ISBN-13: 978-0230276024
- [98] Lomas, L. (2003). **Embedding quality: The challenges for higher education**. Paper presented at the European Conference on Educational Research, University of Hamburg, September 2003. ISSN: ISSN-0968-4883
- [99] Lundberg, C. A. & Schreiner, L. A. (2004). **Quality and frequency of faculty-student interaction as predictors of learning: An analysis by student race/ethnicity**. Journal of College Student Development, 45(5). 549–565. <http://dx.doi.org/10.1353/csd.2004.0061>
- [100] Luxton, Andrea (2005). **Quality Management in Higher Education. All Books, Book 1**. Andrews University.
- [101] Madu, Christian N. and Kuei, Chu Hua (1993). **Dimensions of Quality Teaching in Higher Institutions**. Total Quality Management, Vol. 4, No. 3, pp. 325-338. <https://doi.org/10.1080/09544129300000046>
- [102] Martensen, Anne and Gronholdt, Lars (2009). **Quality in Higher Education: Linking Graduates Competencies and Employers Needs**. International Journal of Quality and Service Sciences, Vol. 1, No. 1, pp. 67-77. <http://dx.doi.org/10.1108/17566690910945877>
- [103] Marsh HW and Hocevar D (1991). **The multidimensionality of students' evaluations of teaching effectiveness: The generality of factor structures across academic discipline, instructor level, and course level**. Teaching and Teacher Education 7(1): 9–18. [https://doi.org/10.1016/0742-051X\(91\)90001-6](https://doi.org/10.1016/0742-051X(91)90001-6)
- [104] McCoy, James P. and Chamberlain, Don and Rob Seay (1994). **The Status and Perceptions of University Outcomes Assessment in Economics**. The Journal of Economic Education, Vol. 25, No. 4, pp. 358-366. DOI: 10.1080/00220485.1994.10844847.
- [105] Mihaiu, Diana & Opreana, Alin & Cristescu, Marian. (2010). **Efficiency, Effectiveness and Performance of the Public Sector**. Journal for Economic Forecasting. 13. 132-147.
- [106] Mustafa, Sameer T. and Chiang, Dalen (2006). **Dimensions of Quality in Higher Education: how Academic Performance Affects University Students Teacher Evaluations**. Journal of American Academy of Business, Vol. 8, No. 1, pp. 294- 303.
- [107] Narang, Rity (2012). **How Do Management Students Perceive the Quality of Education in Public Institutions**. Quality Assurance in Education, Vol. 20, No. 4, pp. 357-371. DOI:[10.1108/09684881211263993](https://doi.org/10.1108/09684881211263993)
- [108] Nazarko, Joanicjusz and Sapauskas, Jonas (2014). **Application of DEA method in efficiency evaluation of public higher education institutions**. Technological and economic development of economy. Volume 20(1): 25-44. DOI:10.3846/20294913.2013.837116
- [109] Newby, P. (1999). **Culture and quality in higher education**. Higher Education Policy, Vol. 12 No. 3, pp. 261-75. DOI: 10.1016/S0952-8733(99)00014-8

- [110] Nguyen, G.H. (2014). ***The Analytic Hierarchy Process: A Mathematical Model for Decision Making Problems***. Senior Independent Study These. Paper 6054
- [111] Nicholson, Karen (2011). ***Quality Assurance in Higher Education; A Review of the Literature***. Council of Ontario Universities Degree Level Expectations Project, McMaster University. Corpus ID: 150481267.
- [112] OECD & World Bank. (2007). ***Cross-border tertiary education: A way towards capacity development***.
- [113] Oggunniyi, M.B. (1984). ***Educational Measurement and Evaluation***. Mc. Ibadan: Longman Nig.
- [114] Oguztimur, S. (2021). ***Why fuzzy analytic hierarchy process approach for transport problems?*** Research Papers in Economics. Corpus ID: 10082978.
- [115] Ojasalo, Jukka (2014). ***Student Feedback Process in Enhancement of Quality of Higher Education***. Handbook of Research on Higher Education in the MENA Region: Policy and Practice. DOI: 10.4018/978-1-4666-6198-1.ch009
- [116] O'Neill, Martin A. and Palmer, Adrian (2004). ***Importance Performance Analysis: a Useful Tool for Directing Continuous Quality Improvement in Higher Education***. Quality Assurance in Education, Vol. 12, No. 1, pp. 39-52. ISSN: ISSN-0968-4883.
- [117] Oraison, Humberto Manuel and Howe, Samuel T and Konjarski, Loreta (2019). ***Does University prepare students for employment? Alignment between graduate attributes, accreditation requirements and industry employability criteria***. Journal of Teaching and Learning for Graduate Employability. DOI: 10.21153/jtlge2019vol10no1art790
- [118] Pascoe, S. and Kirkley, J.E. and Greboval, D. and Morrison-Paul, C.J. (2003). ***Measuring and assessing capacity in fisheries 2. Issues and methods***. Food and agriculture organization of the United Nations. FAO Fisheries Technical Paper. No. 433/2. ISBN 92-5-105015-5
- [119] Pak Tee Ng (2008). ***The Phases and Paradoxes of Educational Quality Assurance***. Quality Assurance in Education, Vol. 16, No. 2, pp. 112-125. DOI:[10.1108/09684880810868402](https://doi.org/10.1108/09684880810868402)
- [120] Palomares, F. M. G. (2014, February 14). ***Involving students in quality assurance***. University World News. Retrieved on 1<sup>st</sup> of August, 2021 from <https://www.universityworldnews.com/post.php?story=20140210155738832>.
- [121] Parasuraman, A. and Berry, Lenoard L. and Zeithaml, Valarie A. (1991). ***Refinement and Reassessment of the Servqual Scale***. Journal of Retailing, Vol. 67, No. 4, pp. 420-450, Winter 1991.
- [122] Peat, Mary and Taylor, Charlotte E. and Franklin, Sue (2005). ***ReEngineering of Undergraduate Science Curricula to Emphasise Development of Lifelong Learning Skills***. Innovations in Education and Teaching International, Vol. 42, No. 1, pp. 135-146. <https://doi.org/10.1080/14703290500062482>
- [123] Pichery, C. (2014). ***Sensitivity Analysis***. Encyclopedia of Toxicology, pp 236-237. DOI: 10.1016/b978-0-12-386454-3.00431-0
- [124] Prakash, V. (1984). ***Validity and Reliability of the Confirmation of Expectations Paradigm as a Determinant of Consumer Satisfaction***. Journal of the Academy of Marketing Science, 12 (Fall), 63-76
- [125] Prakash, S. and Dhivyadeepa, E. (2016). ***Evaluation in Education***. Laxmi Book Publication. ISBN: 978-1-329-82275-7

- [126] Prasad, Ram Komal and Jha, Manoj Kumar (2013). **Quality Measures in Higher Education: A Review and Conceptual model**. Quest Journals, Journal of Research in Business and Management, Volume 1 – Issue 3 pp: 23-40. Corpus ID: 54171395.
- [127] Puzziferro, M. & Shelton, K. (2008). **A model for developing high-quality online courses: Integrating a systems approach with learning theory**. Journal of Asynchronous Learning Networks, 12(3–4). Newbury, MA: Online Learning Consortium. ISSN: ISSN-1939-5256
- [128] Ramanathan, R. (2003). **An Introduction to Data Envelopment Analysis: A Tool for Performance Management**. Sage Publications India Pvt Ltd, New Delhi, India. <https://doi.org/10.1177/097206341001300107>.
- [129] Rao, R.V. (2007). **Decision making in the manufacturing environment: using graph theory and fuzzy multiple attribute decision making methods**. Springer Science & Business Media. ISBN: 978-1-4471-4375-8
- [130] ResearchGate, European commercial social networking site for scientists and researchers. Податоци преземени на 15 септември, 2021 година од <https://www.researchgate.net/>
- [131] Roediger, Voss (2009). **Studying Critical Classroom Encounters**. Quality Assurance in Education, Vol. 17, No. 2, pp. 156- 173. DOI:[10.1108/09684880910951372](https://doi.org/10.1108/09684880910951372)
- [132] Romadhani Ardi, Akhmad Hidayatno, Teuku Yuri and M. Zagloel (2012). **Investigating Relationships among Quality Dimensions in Higher Education**. Quality Assurance in Education, Vol. 20, No. 4, pp. 408-428. DOI:[10.1108/09684881211264028](https://doi.org/10.1108/09684881211264028)
- [133] Roshdi, I., Van de Woestyne, I., Davtalab-Olyaie, M. (2014). **Determining Maximal Reference Set in Data Envelopment Analysis**. [arXiv:1407.2593](https://arxiv.org/abs/1407.2593)
- [134] Ryan, Patricia (2015). **Quality Assurance in Higher Education: A Review of Literature**. High. Learn. Res. Commun. Volume 5, Num. 4. December 2015. DOI:[10.18870/hlrc.v5i4.257](https://doi.org/10.18870/hlrc.v5i4.257)
- [135] Salerno, C. (2004). **Markets for higher education in The Netherlands**. Markets in Higher Education, pp. 271-290. DOI:[10.1007/1-4020-2835-0\\_12](https://doi.org/10.1007/1-4020-2835-0_12)
- [136] Saaty, R.W. (1987). **The analytic hierarchy process – what it is and how it is used**. Math Modelling, Vol. 9, No. 3-5, pp 161-176. 0270-0255/87
- [137] Saaty, T. (1994). **How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process**. Interfaces, 24, 19-43. <https://doi.org/10.1287/inte.24.6.19>
- [138] Sangeeta, Sahney and Banwet, Devinder Kumar and Karunes, Sabita (2003). **“Enhancing Quality in Education: Application of Quality Function Deployment-an Industry Perspective”**, Work Study, Vol. 52, No. 6, pp. 297-309.
- [139] Sangeeta, Sahney and Banwet, Devinder Kumar and Karunes, Sabita (2008). **An Integrated Framework of Indices for Quality Management in Education: a Faculty Perspective**. The TQM Journal, Vol. 20, No. 5, pp. 502-519. Doi:
- [140] Sahu, Anil R. and Shrivastava, Rashmi R. and Shrivastava, R.L. (2013). **Critical Success Factors for Sustainable Improvement in Technical Education Excellence A Literature Review**. The TQM Journal, Vol. 25, No. 1, pp. 62-74. DOI: <https://doi.org/10.1108/17542731311286432>
- [141] Schindler, L., Puls-Elvidge, S., Welzant, H., & Crawford, L. (2015). **Definitions of quality in higher education: A synthesis of the literature**. Higher Learning Research Communications, 5(3), 3-13. <http://dx.doi.org/10.18870/hlrc.v5i3.244>



- [142] Sexton, T.R. (1986). *The methodology of data envelopment analysis*. New Directions for Program Evaluation. 1986(32), 7-29. doi: 10.1002/ev.1438
- [143] Shank, Matthew D., Walker, Mary and Hayes, Thomas (1995). *Understand Professional Service Expectation: do We Know What our Students Expect in a Quality Education?*. Journal of Professional Service Marketing, Vol. 13, No. 1, pp. 71-89. DOI: 10.1300/J090V13N01\_08.
- [144] Sickles, Robin C. and Zelenyuk, Valentin (2019). *Measurement of Productivity and Efficiency*. Cambridge University Press. ISBN: 978-1-107-68765-3.
- [145] Slaughter, S. and Leslie, L.L. (1999). *Academic Capitalism*. Politics, Policies, and the Entrepreneurial University, Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD. ISBN: 9780801862588
- [146] Slater, S.F. and Narver, J.C. (2000). *The positive effect of a market orientation on business profitability: a balanced replication*. Journal of Business Research, Vol. 48, pp. 69-73. DOI: [10.1016/S0148-2963\(98\)00077-0](https://doi.org/10.1016/S0148-2963(98)00077-0)
- [147] Smidt, H. (2015). *European quality assurance—A European higher education area success story* [overview paper]. DOI: [10.1007/978-3-319-20877-0\\_40](https://doi.org/10.1007/978-3-319-20877-0_40)
- [148] Sorooshian, S. and Wenping, L. and MD Yusof, I. (2015). *Landslide Susceptibility Mapping: A Technical Note*. Electronic Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 20, Bund. 22, pp. 12547-12550.
- [149] Sorooshian, S. (2015). *Alternative Method for Evaluation of DaGang Deep Drilling Application*. Electronic Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 20, Bund. 13, pp. 5209-5212.
- [150] Srikanthan, G. and Dalrymple, John (2003). *Developing Alternative Perspectives for Quality in Higher Education*. International Journal of Educational Management, Vol. 17, No. 3, pp. 126-136. DOI: [10.1108/09513540310467804](https://doi.org/10.1108/09513540310467804).
- [151] Srikanthan, G. and Dalrymple, John F. (2002). *Developing a Holistic Model for Quality in Higher Education*. Quality in Higher Education, Vol. 8, No. 3, pp. 215-224. DOI: 10.1080/1353832022000031656.
- [152] Stankeviciene, Jelena and Vaiciukeviciute, Agne (2016). *Value creation for stakeholders in higher education management*. DOI: 10.15240/tul/001/2016-1-002
- [153] Steele, E.D. (1999). *Program evaluation in higher education: A case study*. Dissertations, Theses, and Masters Projects. Paper 1550154170. <https://dx.doi.org/doi:10.25774/w4-vgre-za68>
- [154] Stella, A., & Gnanam, A. (2004). *Quality assurance in distance education: The challenges to be addressed*. Higher Education, 47, 143-160. <http://dx.doi.org/10.1023/B:HIGH.0000016420.17251.5c>
- [155] Stukalina, Y. (2014). *Identifying predictors of student satisfaction and student motivation in the framework of assuring quality in the delivery of higher education services*. Business, Management & Education, 12(1), 127–137. <http://dx.doi.org/10.3846/bme.2014.09>
- [156] Tam, Maureen (2003). *Outcomes based Approach to Quality Assessment and Curriculum Improvement in Higher Education*. Quality Assurance in Education, Vol. 22, No. 2, pp. 158-168. DOI: 10.1108/QAE-09-2011-0059

- [157] Taherdoost, H. (2017). **Decision Making Using the Analytic Hierarchy Process (AHP) Approach**. International Journal of Economics and Management Systems. Retrieved on 1<sup>st</sup> of September, 2021 from <http://www.iasas.org/iasas/journals/ijems>
- [158] Tavares, G. (2003). **A Bibliography of Data Envelopment Analysis (1978-2001)**. Socio-Economic Planning Sciences(to appear). DOI: 10.1007/1-4020-7798-X\_1
- [159] Texeira, P., Jongbloed, B., Dill, D. and Amaral, A. (Eds), **Markets in Higher Education: Rhetoric or Reality?** Higher Education Dynamics (Douro Series), Kluwer Academic, Dordrecht. ISBN (Print): 1-4020-2815-6
- [160] Thanassoulis, Emmanuel & Silva, Maria Conceição A. (2018). **Measuring Efficiency Through Data Envelopment Analysis**. Impact, 2018:1, 37-41, DOI: 10.1080/2058802X.2018.1440814.
- [161] Thanassoulis, E. (2001). **Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis, A foundation text with integrated software**. Kluwer Academic Publisher Group, Norwell, Massachusetts, USA. Corpus ID: 60286408.
- [162] Triantaphyllou, E. (2000). **Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study**. Springer. ISBN: 978-1-4757-3157-6.
- [163] Trivellas, Panagiotis and Dargenidou, Dimitra (2009). **Leadership and Service Quality in Higher Education: The Case of the Technological Educational Institute of Larissa**. International Journal of Quality and Service Sciences, Vol. 1, No. 3, pp. 294-310. DOI:[10.1108/17566690911004221](https://doi.org/10.1108/17566690911004221)
- [164] Tsimboukis, K. (1979). **Measurement and Evaluation in the Educational Sciences**. Orosimo Publications: Athens
- [165] UNESCO (2021). Трансверзални вештини. Преземено на 25 мај, 2021 од [TVETipedia Glossary \(unesco.org\)](https://www.unesco.org/tvetpedia/glossary)
- [166] Varonism, E. M. (2014). **Most courses are not born digital: An overview of the Quality Matters peer review process for online course design**. Campus-Wide Information Systems, 31(4), 217–229. <http://dx.doi.org/10.1108/CWIS-09-2013-0053>
- [167] Vincent, T. (1987). **Leaving college: Rethinking the causes and cures of student attrition**. Chicago, IL: University of Chicago Press. ISBN: ISBN-0-226-80446-1
- [168] Wallenius, D. and Fishburn, S. and Zionts, D. (2008). **Multiple Criteria Decision Making, Multriattribute Utility Theory: Recent Accomplishments and What Lies Ahead**. Journal of Management Science Vol. 54, No. 7. ([www.decisionlens.com](http://www.decisionlens.com), 703-399-2100)
- [169] Wierzbicki, A.P. (1982). **A mathematical basis for satisficing decision making**. Mathematical Modelling, Vol. 3, pp. 391-405, 1982, ISBN: 0270-0255/82/050391
- [170] Wilger, A. (1997). **Quality assurance in higher education: A literature review**. Stanford, CA: National Center for Postsecondary Improvement. 508 CERAS. School of Education. Stanford University, Stanford, CA 94305-3084.
- [171] Wong, V.Y-Y. (2012). **An alternative view of quality assurance and enhancement**. Management in Education, 26(1), 38–42. <http://dx.doi.org/10.1177/0892020611424608>
- [172] World Reference Level, UNESCO (2021). Преземено на 8 септември, 2021 година од <https://worldreferencelevels.org/>

- [173] Worthen BR and Sanders JR (1987). ***Educational evaluation: Alternative approaches and practical guidelines***. Longman Pub Group: New York.
- [174] Youssef, Lamrani Alaoui. (2019). ***Introduction to MCDM Techniques : AHP as Example***. 10.13140/RG.2.2.15536.30724.
- [175] Закон за Национална рамка на квалификации (2016). Преземено на 5 јули, 2021 година од [https://mon.gov.mk/stored/document/zakon\\_za\\_nacionalna\\_ramka\\_na\\_kvalifikacii\\_26-02-2016.pdf](https://mon.gov.mk/stored/document/zakon_za_nacionalna_ramka_na_kvalifikacii_26-02-2016.pdf)
- [176] Закон за Високо образование на Република Северна Македонија (2018). Преземено на 6 јули, 2021 година од <https://mon.gov.mk/stored/document/Zakon%20za%20visokoto%20obrazovanie%20NOV.pdf>
- [177] УГД репозиториум, Преземено на 18 септември, 2021 година од <https://eprints.ugd.edu.mk>
- [178] Уредба за номенклатура на средства за амортизација и годишни стапки (2019). Преземено на 1 август, 2021 година од <http://www.ujp.gov.mk/mk/regulativa/opis/74>