
**CUMULATIVE MODEL FOR THE ANALYSIS OF QUALITY OF STUDY PROGRAMS
IN SEEU – TETOVO**

Agim RushitiMother Teresa University - Skopje, Republic of Macedonia agim_rushiti@yahoo.com

Abstract: Linear programming as part of mathematical programming represent a powerful apparatus used in optimization models. In practice, the most useful models of mathematical programming imply an interpretation of the objective function, through a set of linear equations and inequalities that depict reality. The accuracy of these models depends precisely on the appropriateness of these linear functions, which are also called constraints functions. The presentation of the obtained results and the location of the ineffective elements that are an integral part of the realization of the study programs are done with the DEA technique. By analyzing the results in the feasible set, are located the composite units of each inefficient study program. A percentage of the appropriate ERS production units for the inefficient production unit determines the percentage of the best solution, that is the solution towards which the management of each higher education institution strives. The optimization process is done by moving inefficient study programs to the set of relatively effective study programs. The model used in this paper identifies the possible changes that need to be made in the higher education institution. In order to increase the efficiency of the educational process in the final result are given directions and proposals for achieving better results with smaller investments. The model is solved using the Data Envelopment Analysis Online Software.

Keywords: model, effective frontier, costs, study program and cumulative contribution index

**КУМУЛАТИВЕН МОДЕЛ ЗА АНАЛИЗА КВАЛИТЕТОТ НА СТУДИСКИТЕ
ПРОГРАМИ ВО УЈИЕ – ТЕТОВО****Агим Рушити**Универзитет Мајка Тереза – Скопје, Република Македонија agim_rushiti@yahoo.com

Резиме: Линеарното програмирање како дел од математичко програмирање претставува моќен апарат која се користи во моделите на оптимизација. Во пракса најкорисните модели на математичко програмирање подразбираат интерпретација на функцијата на цел, преку сет од линеарни равенки и неравенки, кои ја отсликуваат реалноста. Точноста на овие модели зависи токму од соодветноста на овие линеарни функции кои се нарекуваат и функции на ограничување. Презентацијата на добиените резултати и лоцирањето на неефикасните елементи кои се составен дел на реализација на студиските програми е направено со техниката *DEA*. Со анализа на резултатите во допустливото множество лоцирани се композитните единици на секоја неефикасна студиска програма. Одреден е процентот од соодветни ERS продукциски единици за неефикасната продукциска единица со која се наоѓа најдоброто решение, односно решението кон кое се стреми управата на секоја високо образовна установа. Процесот на оптимизација се прави со придвижување на неефикасните студиски програми, кон множеството на релативно ефикасни студиски програми. Со моделот конструиран во овој труд констатирани се можните промени кои треба да се направат во високообразовната установа. За зголемување на ефикасноста на образовниот процес како финален резултат дадени се насоки и препораки за постигнување на подобри резултати со помали вложувања. Моделот е решен со користење на Data Envelopment Analysis Online Software.

Клучни зборови: модел, ефикасна граница, трошоци, студиска програма и кумулативен индекс за придонес.

1. ВОВЕД

Универзитетите како генератори на академскиот и образовен елемент во едно општество, што понатаму е појдовен мотор за целокупниот развој на државата и пошироко, 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. Квалитетот на реализираниот образовен процес кај еден студент може да се вреднува преку утврдување на нивото на знаења, способности и вештини со кои истиот се стекнал, преку изучувањето на предметите кои се во составна студиската програма на која завршил и како тие му овозможиле поквалитетно или помалку квалитетно да ги применува стекнатите знаења во практичниот

живот (секако, примарно се мисли од професионален аспект). Студиските програми кои егзистираат на Универзитетите, помалку или повеќе кореспондираат на повеќе фактори: трендовите во образовниот процес, потребата од соодветен кадар во сите сегменти на општественото делување како што се индустријата, стопанството, образованието, здравството, науката итн., како и условите со кои располага една високообразовна институција од аспект на наставен и соработнички кадар и администрација, просторни и технички услови, како и финансиската конструкција на практичната реализација на студиската програма. 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). Доколку одреден проблем кој е предмет на анализа се претстави како математички модел, односно одредена продукциска реална функција, проблемот се сведува на одредување на оптималната (минимална или максимална) вредност на истата. 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). Доколку одреден проблем кој е предмет на анализа се претстави како математички модел, односно одредена продукциска реална функција, проблемот се сведува на одредување на оптималната (минимална или максимална) вредност на истата. ЛП како посебен дел од математичка оптимизација се применува за евалуација на ефикасноста во разни области денес. 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. Во случајот на линеарното програмирање, *функцијата на цел* и функциите кои ги претставуваат ограничувањата на системот се претставени со линеарни зависности, т.е. сите математички репрезентации на конкретниот проблем се линеарни равенки и неравенки.

2. ЦЕЛИ И ПОЈДОВНИ ОСНОВИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

Во рамките на овој труд е прикажана конкретна примена на *DEA* математичката техника, базирана на линеарното програмирање, во насока на детекција на степенот на ефикасност на структурните (продукциски) единици на конкретна студиска програма која веќе генерирала кадар. Визијата и целта на овој труд е иницирање на нов начин на размислување и вреднување на квалитетот на образовниот процес, односно преку примена на линеарното програмирање да се генерира нов модел во кој има простор за реализација на континуирана опсервација образовниот систем, преку земање во предвид на влезно / излезните параметри за секој предмет и за секоја генерација на студенти во текот на времето. Преку проширување на карактерот на моделот кој е елабориран во овој труд иницирано е едно ново размислување и може многукратно да се примени на ниво на Универзитет или генерално, на ниво на евалуација на високото образование во Република Македонија. Толкување на резултатите е направено во смисла на посочување на ефикасните студиските програми со најдобра распределба на ресурсите, како и посочување на неефикасните студиски програми со најлоша распределба на ресурсите. Генерирано е множество од референтни ефикасни студиски програми и направен е приказ на генерирање на композитни студиски програми за неефикасните студиски програми, кои даваат јасна слика што е потребно да се коригира кај секоја студиска програма поединечно (секако, во склад со реалните услови) за да од неефикасен премине во ефикасна наставна програма – една од основните бенефиции на *DEA*. Кај одредени студиски програми е прикажан и процентот на девијација на влезните параметри кај студиските програми на реалната во однос на композитната студиска програма. Со тоа, прикажана е јасна и прецизна констелација од квалитетно и неквалитетно распределени ресурси, имајќи ги во предвид само параметрите и предметите кои се земени во предвид во рамките на ова истражување. Во рамките на овој труд е елабориран конкретен пристап (преку примена на линеарното програмирање), т.е. техника која се базира на линеарното програмирање (или линеарното програмирање во генерална нотација) и која широко се користи во светски рамки за мерење и зголемување на продуктивноста / ефикасноста на различни субјекти, односно намалување на трошоците или зголемувањето на капацитетот на излезниот производ / услуга / сервис. Тие субјекти, врз база на одредени влезни параметри, генерираат одредени излезни резултати, независно дали зборуваме за реално опипливи производи или одредена категорија на сервис или услуга. Во пракса, во улога на тие субјекти се среќаваат институции, банки, поединци, сектори, машини, корпорации, фабрики, транспортни организации итн. Во

зависност од карактерот на субјектот и пристапот, се применуваат различни пристапи и техники и се градат различни модели. Во случајот на овој труд, субјект кој е предмет на анализа од аспект на ефикасноста, со цел негова оптимизација, сè студиските програми (преку реализирање на моделирање со примена на *DEA* техниката за прилагобање на најдобрите алтернативи).

3. МЕТОДОЛОШКИ ОСНОВИ И МАТЕМАТИЧКИ КОНЦЕПТ НА *DEA*

Според бројна литература, *граничната анализа* е дизајнирана за мерење и подобрување на карактеристиките на работната организација. Главна задача на раководните структури е зголемување на ефикасноста во насока на постојано подобрување на карактеристиките на компанијата. Во јавниот сектор, раководните структури секогаш бараат подобри начини за реализација на својот сервис, платен со парите од даночните обврзници, додека во делот на комерцијалните компании, конкурентноста од аспект на економската глобализација говори сама за себе. Граничната анализа користи посебна моќна техника наречена *DEA* во насока на реализација на овие активности. Генерално, постојат два помеѓу себе различни дескриптори кои може да се користат во анализата на квалитетот на работењето на еден систем, институција, фабрика, технички уред, сектор или било каков субјект: ефективност и ефикасност. Додека ефективноста може да се интерпретира со нивото на задоволеност на посакуваната цел од аспект на постигнатите резултати, без да се анализираат вложените ресурси, ефективноста прави анализа токму на корелацијата помеѓу вложените ресурси и добиените излезни резултати. Наједноставните методи за мерење на ефикасноста се раио методите, со кои може да се измерат неколку индикатории често да се даде одредена слика за тоа колку субјектот кој е предмет на испитување е ефикасен, меѓутоа со помош на истите е невозможно да се даде приказ на целокупната корпоративна ефикасност. За таа цел, се користат две групи на методи / техники: параметарски и непараметарски. Притоа, кај параметарските методи, прецизно е позната производната функција, односно истата има прецизна математичка интерпретација со константни параметри кои може да се утврдат со примена на статистички или други методи. Пример за вакви методи се *SFA* (*Stochastic Frontier Approach*), *TFA* (*Thick Frontier Approach*) и *DFA* (*Distribution Free Approach*). Истите се користат за мерење на економска ефикасност, што е многу поширока област од технолошката ефикасност, која е предмет на мерење кај непараметарските методи. Кај нив секој пат постои корелација кон пазарните услови, кои го диктираат оптималниот избор и структура на влезови и излези со цел минимизација на трошоците или максимизација на профитот. За разлика технолошката ефикасност, економската ефикасност секогаш (без исклучок) работи и со цени. Она што прво може да се насети е дека постоењето на конкретна функција на продукција го прави моделирањето (не и пристапот) полесен момент, што не е случај кај непараметарските методи. Непараметарските методи се користат за мерење на технолошка ефикасност, во која се анализира соодносот на влезовите и излезите од системот. Методи кои се познати од оваа група се *DEA* (*Data Envelopment Analysis*) и *FDH* (*Free Disposal Hull*). *DEA* прави компарација на сродни продукциски единици во однос на нивните перформанси и ефикасност, со што ќе ја утврди нивната релативна ефикасност. Ефикасноста на секоја продукциска единица претставува реален број кој е сооднос помеѓу тежинската сума на излезните и тежинската сума на влезните параметри, нивелиран според економетријата и според *DEA* во границите $0 \leq \theta \leq 1$. Целта на овој метод е да се идентификуваат оние единици кои имаат оптимални перформанси (не се пронаоѓа компаративна единица во однос на која ќе постои неефикасност во поглед на влезовите, односно излезите) и ним им доделува ефикасност $\theta = 1$. Оние единици кои имаат ефикасност $0 \leq \theta < 1$ велиме дека се релативно неефикасни во однос на оние кои ја формираат енвелопата (границата на ефикасноста). Доколку се претпостави дека предмет на анализа е систем од n продукциски единици со m влезови и s излези во секоја продукциска единица, ефикасноста на k -тата продукциска единица може да се претстави како:

$$\begin{aligned} \max u^T y_0 &= V_p \\ v^T x_j - u^T y_j &\geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \\ v^T x_0 &= 1, \quad v \geq 0, \quad u \geq 0 \end{aligned}$$

Во рамките на оваа формула, со $x_{1k}, x_{2k}, \dots, x_{mk}$ се претставени влезовите во k -тата продукциска единица, со $y_{1k}, y_{2k}, \dots, y_{sk}$ се претставени излезите од k -тата продукциска единица, а со v_1, v_2, \dots, v_m , односно со u_1, u_2, \dots, u_s се претставени влезните тежински, односно излезните тежински коефициенти на

продукциската единка. Се наметнува следното математичко ограничување (појдовно во *DEA*), во однос на тежинските коефициенти, исто како и за вредностите на влезните и излезните променливи:

$$v_1, \dots, v_m \geq 0, u_1, \dots, u_s \geq 0,$$

Во пракса е доста комплексно да се даде оценка за тежината на секој влез, односно секој излез во објективна смисла, затоа што поединечни единки даваат различно значење и тежина на различни нивни влезови и излези. Според концептот на *DEA*, не постои објективен начин за пресметка на тежинските коефициенти. Прашање на избор на аналитичарот и на самата метода е кои влезови и излези ќе се земат во предвид и кои се најмалите дозволени вредности за тежинските коефициенти. Дополнително, се решава и проблемот на скалирање, со цел сведување на ефикасноста во граници од 0 до 1 како адекватен пристап за нејзина интерпретација (Charnes, A., Cooper, W.W., Lewin, L. A., Seiford, M. L., 1994). Продукциски единки кои постигнуваат ефикасност 1 од математичка перспектива (и се парето ефикасни) формираат простор (се наоѓаат на границата на ефикасноста – „*efficient frontier*“) кој ги опфаќа (анг. „*envelops*“) сите други продукциски единки. Целта на овој метод е идентификација токму на тие продукциски (оптимални) единки (единки кои имаат оптимални перформанси и ефикасност од 1, односно 100%). Одовде потекнува и називот на самата метода (*Data Envelopment Analysis*). Оваа граница може прецизно да се пресмета и нуди можност за пресметка на потенцијалните подобрувања на неефикасните продукциски единки.

4. ГЕНЕРИРАЊЕ НА МОДЕЛ

Квалитетот на еден процес всушност се отсликува преку ефикасноста на субјектот кој го реализира тој процес. Притоа, ефикасноста (во сите истражувања) може да се квалификува како однос помеѓу ресурсите кои се вложуваат со цел генерирање на одреден краен резултат и квалитетот / нивото на крајниот резултат. Притоа, овој концепт понатаму во трудот терминолошки се применува само во делот на еден Универзитет / факултет / одредени студиски програми, на која е реализирано истражување и анализа. Она што е многу важно е тоа што преку проширување на прикажаниот модел во квантитативна и/или квалитативна смисла, на сосема ист начин може да се примени и во многу поширока смисла, односно за вреднување на работата на цели факултети, Универзитети или пак високото образование во целина, на ниво на држава. На овој начин, основна цел е воведување на нов концепт / модел за анализа на процесите во високото образование и воспоставување на динамика преку која постојано ќе може да се лоцираат моментите во кои е потребно нешто да се промени, со една единствена цел – постојана оптимизација и подобрување на образовниот процес во насока на генерирање на квалитетен кадар. Преку примена на овој пристап во високото образование, под ресурси се подразбираат сите вложувања (од финансиски и секаков друг карактер) кои Универзитетот ги вложува со цел егзистирање и практично спроведување на една студиска програма, како што се (во поширока смисла, со тоа што секој од нив со соодветен процент влијае на севкупната ефикасност на институцијата):

- Понуда на соодветна студиска програма од структурален аспект;
- Ангажман на соодветен наставен и соработнички кадар;
- Ангажман на соодветен административен кадар.
- Просторни ресурси, во смисла на ефективна квадратура за реализација на студирањето;
- Севкупната финансиска конструкција во смисла на трошоци за материјални и други добра;
- Комунални трошоци (струја, вода, закупнина) и други.

Согласно достапните податоци за испитување и прибраните резултати во однос на дистрибуираните анкетни обрасци, основа за генерирање на продукциските единки на моделот се:

Број на продукциска единка (DMU)	Вкупно трошоци	Квадратура на корисен простор	Продукциски единки (DEA)	Придонес во кариерен развој
DMU1	124.080,00 евра	180	Генерација 2008-2011, Бизнис информ.	4.04
DMU2	124.080,00 евра	90	Генерација 2009-2012, Бизнис информ.	4.225
DMU3	112.800,00 евра	180	Генерација 2010-2013, Бизнис	4.0625

			информ.	
DMU4	437.333,00 евра	640	Генерација 2006-2009, Компју. науки	3.6425
DMU5	403.733,00 евра	640	Генерација 2007-2010, Компју. науки	3.125
DMU6	349.681,00 евра	640	Генерација 2008-2011, Компју. науки	3.875
DMU7	332.658,00 евра	640	Генерација 2009-2012, Компју. науки	3.5825
DMU8	286.971,00 евра	640	Генерација 2010-2013, Компју. науки	4.08
DMU9	53.160, евра	90	Генерација 2009-2011, ИКТ-КИ	3.875

Модел со два влезови и еден излез / Кумулативен модел:

Влез 1: Вкупно трошоци Влез 2: Квадратура Излез: Кумулативен индекс за придонес

Ова моделирање ги интегрира сите резултати и параметри со кои располагаме. На влезната страна, во форма на два влезни параметри се претставени: вкупните трошоци на студиските програми, квадратурата на корисниот простор користен за реализација на студиската програма. На излезната страна е користен кумулативен параметар кој на ист начин ги третира и подеднакво ги интегрира: придонесот во наставните цели, придонесот во кариерниот развој, придонесот во предвидените цели и придонесот во градењето на математичките вештини.

Генерирање и толкување на резултати: Преку процесирањето на параметрите кои се веќе елаборирани претходно во текстот, во рамките на споменатото софтверско решение, се генерира следниот графички приказ на предметите како продукциски единки и нивната ефикасност (подредени по ефикасност):

	Ефикасност	Граф на ефикасност	✓
Генерација 2008-2011, БИ	51.5 %	52%	
Генерација 2009-2012, БИ	100 %	100%	✓
Генерација 2010-2013, БИ	52.2 %	52%	
Генерација 2006-2009, КН	13.1 %	13%	
Генерација 2007-2010, КН	11.3 %	11%	
Генерација 2008-2011, КН	15.2 %	15%	
Генерација 2009-2012, КН	14.8 %	15%	
Генерација 2010-2013, КН	19.5 %	20%	
Генерација 2009-2011, ИКТ-КИ	100 %	100%	✓

	Рефер група од ефикасни DMU	Фреквенција	✓
DMU1	DMU2, DMU9	0	
DMU2	DMU2	5	✓
DMU3	DMU2, DMU9	0	
DMU4	DMU2, DMU9	0	
DMU5	DMU2, DMU9	0	
DMU6	DMU9	0	
DMU7	DMU9	0	
DMU8	DMU9	0	
DMU9	DMU9	8	✓

✓ : Ефикасни DMU

Табела 1. Продукциски единки и нивната ефикасност

✓ : Ефикасни продукциски единки
* : Нефикасни продукциски единки

Оние студиски програми за кои е утврдена вредност на ефикасноста $\theta = 1$ се нарекуваат релативно ефикасни студиски програми и претставуваат група на примерок предмети за останатите, односно токму од нив се реализира креирањето на композитните единки. Притоа, софтверот многу прецизно посочува и колку пати секоја од релативно ефикасните продукциски единки била користена во креирањето на композитните единки. Композитните единки е потребно да се перципираат како единки кои се пример за реалните, односно секоја реална единка (која е нефикасна) има своја композитна единка, кон која треба да се стреми (треба да се направат такви подобрувања, што реалната единка треба да премине во нејзината композитна единка). Во десната страна на Табела 1 даден е приказ на искористеност на ефикасните продукциски единки во смисла на градење на композитните продукциски единки (од рефер група од ефикасните продукциски единки). Во калкулацијата е вклучен и моментот на себепрезентативност. Од прикажаните резултати,

може да се реализира следното толкување: студиските програми претставени како DMU2 и DMU9 се пример за најдобра алокација на влезните ресурси, во смисла на генерирање на квалитетни излезни резултати. Од табелата со приказ на ефикасноста, во корелација со двата влезови и едниот излез, прикажани соодветни плотови на промена на ефикасноста на секоја од студиските програми, во зависност од соодветните влезови. Во продолжение е елаборирана пресметката на композитните предмети за најнеефикасната студиска програма, како и проекција на процентот на отстапување на истата од нејзината композитна единка –

Генерација 2007-2010, Компјутерски науки:

Состав на композитна единка за:	Референтни продукциски единици	
	Генерација 2009-2012, БИ	Генерација 2009-2012, ИКТ-КИ
Име на неефикасен предмет		
Генерација 2007-2010, Компјутерски науки	0,041	0,762
<i>Продукциски нивоа Lambda</i>		

$$\begin{aligned}
 \text{Ген07} - 10\text{КН}_{\text{композит}} & \begin{bmatrix} \text{Вкупно Трошоци} \\ \text{Квадратура} \\ \text{Кумулативен Индекс} \end{bmatrix} \\
 & = 0.041 * \text{Ген09} - 12\text{БИ} \begin{bmatrix} 124080 \\ 90 \\ 4.5 \end{bmatrix} + 0.762 * \text{Ген09} - 12\text{ИКТ} - \text{КИ} \begin{bmatrix} 50160 \\ 90 \\ 4 \end{bmatrix} \\
 & = \begin{bmatrix} 43309,2 \\ 72,27 \\ 3,125 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

$$\text{Ген07} - 10\text{КН}_{\text{реален}} \begin{bmatrix} 403733 \\ 640 \\ 3.125 \end{bmatrix} : \text{Ген07} - 10\text{КН}_{\text{композит}} \begin{bmatrix} 43309,2 \\ 72,27 \\ 3,125 \end{bmatrix} = \text{Девиијација} \begin{bmatrix} +832,21\% \\ +785,61\% \\ 0\% \end{bmatrix}$$

5. ЗАКЛУЧОК

Според добиените резултати, вкупните трошоци се за 832,21% поголеми од потенцијално оптималната констелација од параметри (композитната студиска програма **Генерација 2007-2010, Компјутерски науки**). Дополнително, искористен е 785% повеќе простор (квадратура) во однос на оптималната констелација од параметри. Ова директно алудира на фактот што еднакво добри резултати на излез, односно истото ниво на кумулативен придонес (во однос на сите вештини и знаења кои се стекнати со реализација на студиската програма) може да се постигне со било какво намалување (кое значително ќе влијае на вкупните трошоци) на трошоците за реализација на студиската програма. Конкретните предлози за оптимизација се сублимат од претходните два модели:

- Намалување на бруто платата на наставниот кадар;
- Зголемување на коефициентот на искористеност на наставникот, односно соработникот (можен ангажман на повеќе студиски програми, согласно законските акти);
- Намалување на бројот на обуки или цена на чинење на истите (за наставниот кадар);
- Намалување на цената на чинење и зголемување на стапката за амортизација на опремата итн.

Дополнително, можна оптимизација може да се бара и во намалување на просторот, односно квадратурата на просторот кој се користи за реализација на студиската програма. Конкретни предлози за оптимизација:

- Намалување на просториите кои се користат во смисла на квадратура (други дополнителни ефекти, како помали трошоци итн.);
- Зголемување на коефициентот на искористеност на истиот тој простор (за повеќе студиски програми).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] S. K. Goyal, An integrated inventory model for a single supplier-single customer problem, International Journal of Production Research, vol.15, pp. 107-111, 1977.
- [2] Banerjee, A joint economic-lot-size model for purchaser and vendor, Decision Sciences, vol.17, pp. 292-311, 1986.