



## ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПРИОРИТЕТИТЕ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПРИ ИЗГОТВЯНЕ НА РАЗПИС НА УЧЕБНИТЕ ЗАНЯТИЯ ЗА ПРЕПОДАВАТЕЛИ ВЪВ ВИСШЕ УЧИЛИЩЕ

## EVALUATION OF THE INDICATORS PRIORITY IN PREPARING THE TIME-TABLE FOR EDUCATIONAL STUDIES FOR LECTURERS IN UNIVERSITY

Фатме Юсеинова Рашидова\*  
Технически университет - Габрово

Статията е постъпила на 03 ноември 2016 г.; приета за отпечатване на 15 декември 2016 г.

### Abstract

The most important indicators for preparing the time table for educational study have been selected. The priority of indicators and their weight coefficients have been estimated using the rank correlation methods and subjective statistics, based on the teachers opinion. The concordance coefficient of Kendall is evaluated and the significance is proved by  $\chi^2$  criteria. The obtained results will be used for creating a computer system for preparing an optimal time – table for higher educational studies.

**Keywords:** Education, Optimization, Priorities, Ranking, Time-table, Concordance coefficient, Optimal decisions

### ВЪВЕДЕНИЕ

#### 1. Класификация на проблемите в учебните разписания

При по-голяма част от висшите училища (ВУ) в Република България една учебна година (УГ) се състои от два семестъра (летен и зимен). Разписанието на учебните занятия (РУЗ) се изготвя за всеки семестър, т.е. два пъти в една УГ. РУЗ може да бъде периодичен (съставен седмично) или през седмица (повторяемост през седмица - четна и нечетна), и за ден и дата. Седмичното разписание на учебните занятия се изготвя за редовна форма на обучение (РФО), а за задочна форма на обучение (ЗФО) разписанието е по конкретни дни и дата.

За периода на обучение на студентите от всяка специалност се съставя учебен план (УП). УП представлява съвкупност от дисциплини, които трябва да бъдат изучени от дадена специалност за определен период от време (със седмична повторяемост или за ден и дата) с определени преподаватели, по дадени зали.

При процеса на съставяне на РУЗ се вземат в предвид методически и организационни изисквания [7].

*Методическите изисквания при съставяне на РУЗ са следните:*

- Равномерно разпределение на разписанието през семестъра;
- Лекциите да бъдат планирани преди останалите часове;
- При последователност от лекции - да бъдат по различни дисциплини;
- Часовете по физическо възпитание и спорт да бъдат като последни часове в разписанието;

- Лекциите да бъдат разпределени в зали с необходимото оборудване (ако има нужда от специална техника);
- Трябва да има съответствие като времеви интервал между лекцията и лабораторно упражнение по една и съща дисциплина;
- Разпределението на часове по дадена дисциплина в рамките на седмицата да не е в един и същи ден;
- Сложните дисциплини да бъдат разпределени в средата на седмицата;
- Водещият преподавател да бъде разпределен в първите дни от седмицата.

*Организационните изисквания при съставяне на РУЗ са следните:*

- Определяне на брой седмици за разписание;
- Изготвяне на план-разпис (ПР) за специалност и курс;
- Проверка за капацитета на зала по дадена дисциплина за провеждане на занятия;
- Отчитане на ангажираност на преподавателите с административни дейности и други дейности, като участие в съвети;
- Разпределяне на лекциите на водещите преподаватели по лекция в различни дни от седмицата (например: дисциплината Математика с n на брой водещи преподаватели), за да има взаимозаменяемост;
- Да не се допуска претоварване или незаемост на зала;
- Да се разпределят часовете на гост преподавателите преди останалите преподаватели;
- Да се има в предвид местоположението на залите при съставянето на разписанието – залите да бъдат

\* Тел. +359887130384; e-mail: fatme@tugab.bg

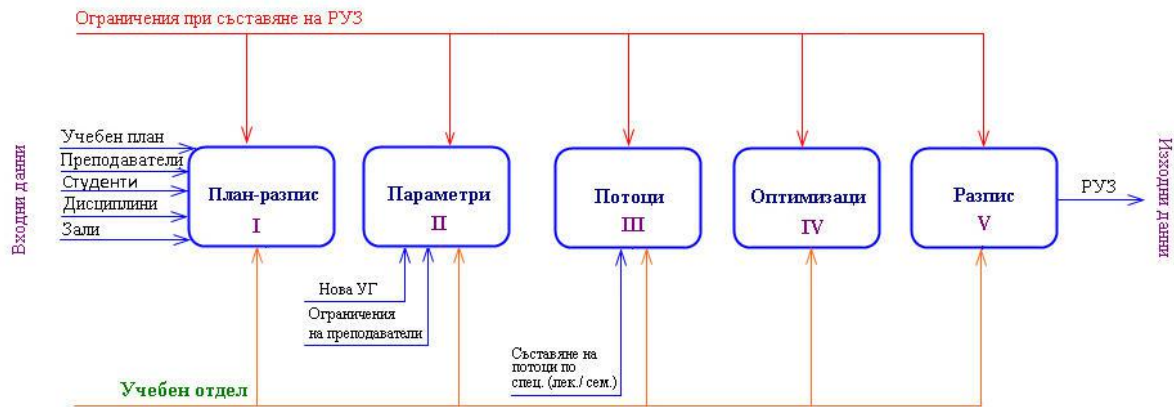
в един корпус или времето за преход от един корпус до друг да е съобразено в разписанието;  
На фигура 1 са показани входните данни при изготвяне на РУЗ:

- Въвеждане на ПР на специалност;
- Разпределение на преподаватели по ПР за специалност и курс;
- Разпределение на дисциплини по ПР за специалност и курс;
- Разпределение на зали по ПР за специалност и

курс;

След съставяне на ПР на специалност и курс се определят и установяват:

- Параметрите за нова учебна година (УГ) като начало на УГ, продължителност, заетост на преподавателите в академичен съвет, ректорски, факултетни и катедрени съвети;
- Потоците за лекции и семинарните упражнения;
- Актуалната аудиторна база.



Фиг. 1. Блок-схема при изготвяне на РУЗ.

## 2. Класификация на ограниченията

Оптимизирането на разписанието е най-сложната и отговорна задача при автоматизираното изготвяне на разпис на учебните занятия (АИРУЗ), за да бъдат удовлетворени редица изисквания на участниците в разписанието. Едмънд Бърк дефинира „твърди“ и „меки“ ограничения [1-5] при съставянето на разписание. Според Бърк „твърдите“ ограничения са всички задължителни изисквания при изготвяне на разписанието и те не трябва да се нарушават [3, 4].

При АИРУЗ могат да се определят следните „твърди“ ограничения:

- Броят на часовете разпределени в РУЗ по дадена дисциплина трябва да отговаря на броя на часовете по учебен план (УП);
- Две различни дисциплини не могат да бъдат планирани в една съща зала. Една дисциплина не може да бъде планирана в две различни зали за един и същи период от време;
- Не може по едно и също време един преподавател да има два различни часа. Курсът (групата от студенти) не може да бъде на две упражнения по едно и също време. Една и съща зала не може да бъде използвана за провеждане на различни упражнения по едно и също време;
- Някои от залите са предназначени за точно определени дисциплини (оборудването на лабораториите отговаря на определени дисциплини), с определен брой места;
- Трябва да има достатъчно ресурси за периода на изготвяне на разписание (зали, брой места съответно, преподаватели и др.).

Меките ограничения са желателни, но незадължителни [3, 4]. При АИРУЗ могат да се определят следните „меки“ ограничения:

- Период за изготвяне на разписанието - за ден и дата или периодична (за седмица);
- Участия на преподаватели в академичен съвет, ректорски, факултетни и катедрени съвети, или други дейности непозволяващи провеждане на занятия в определен интервал от време;
- Синхронизиране с изпитите дни и дати;
- Индивидуално разпределение на занятия на определени преподаватели. Изготвяне на разписание на определени преподаватели (гост-преподаватели) за ден и дата (не за целия период на разписанието);
- Предпочитания на зали от преподаватели. Някои преподаватели предпочитат точно определени зали (специфично оборудване) за провеждане на часове;
- Времени интервал за деня при АИРУЗ;
- Оптимално разпределение на РУЗ, без да се допускат „празни“ временни интервали между разпределените часове;

За да се гарантира оптимално решение при многото изисквания и ограничения при АИРУЗ е желателно използването на повече от един целеви показател [11, 12]. Необходимо е да се отчетат отделните показатели, които са с различна тежест при АИРУЗ.

В Технически университет – Габрово е направено проучване на студентите като една от основните групи от участници при изготвяне на РУЗ. В тази връзка са извършени и публикувани изследвания за определяне на приоритетите на показатели при изготвяне на разпис на учебните занятия [8, 9] и за определяне на степента на удовлетвореност [8, 10] при АИРУЗ.

Преподавателите са друга основна група от участници при изготвяне на РУЗ.

Целта на настоящата публикация е да се предложи метод за оценка на приоритетите на показателите на РУЗ за преподаватели във ВУ и за изчисляване на

тегловните им коефициенти, необходими при многоцелево оптимизиране на процеса за АИРУЗ.

## ИЗЛОЖЕНИЕ

### 3. Определяне на приоритети и тегловни коефициенти за показателите на АИРУЗ

За постигане на поставената цел са използвани подходи на ранговата корелация и субективната статистика [6]. Изготвена е анонимна анкетна карта (табл. 1) с  $m = 7$  показателя. Показателите в анкетната карта са подредени в случайна последователност. На  $R = 19$  преподаватели е предложено да попълнят анкетната карта, като дадат своето мнение за приоритетите на показателите при изготвянето на РУЗ. Най-високият приоритет на показателя се определя с ранг 1, а най-ниският с ранг 7. Информацията е събрана от преподаватели на ТУ-Габрово от различни факултети по различни възрастови групи.

Резултатите от мненията на преподавателите са записани в тегловна матрица (табл. 2) [11, 12]. Числото  $a_{ij}$  е ранга на всеки показател  $y_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, m$ , даден от всеки преподавател  $i = 1, 2, \dots, R$ . Ранговете на  $m = 7$  показателя, получени от анкетирането на  $R = 19$  преподаватели са дадени в табл. 3. В табл. 3 се вижда, че има съвпадащи рангове (повтарящи се рангове, свързани рангове), т. е. класиране на няколко показателя с общ ранг (на едно и също място). Това налага нормализиране на ранговата матрица така, че сумата на  $a_{ij}$  за всеки ред да бъде равна на  $S_p$

$$\sum_{j=1}^m a_{ij} = S_p = \frac{m(m+1)}{2} = \frac{7(7+1)}{2} = 28. \quad (1)$$

Нормализацията се прави така, че да не се изменя позицията на показателите поставени с еднакъв ранг, но сумата на ранговете да бъде равна на 28, което е сумата на рангове от 1 до 7. Например, за показателите, които преподавателите са класирали на една и съща позиция, се записва средноаритметичното от техните рангове.

Таблица 1. Анкетна карта за определяне на приоритети на показателите на АИРУЗ

Показатели при съставяне на разпис на учебните занятия, $y_j$	Ранг, $a_j$
Равномерно разпределение на "тежки" и "леки" дисциплини в разписа, $y_1$	
Максимално уплътнен график в разписа (Минимум "свободни прозорци"), $y_2$	
Необходимост от обедна почивка, $y_3$	
Причинно-следствена връзка на занятията, $y_4$	
Периодичност (Занятията по една дисциплина да са разпределени във всяка седмица от началото до края на семестъра), $y_5$	
Наличие на свободен ден, $y_6$	
Равномерно ежедневно натоварване, $y_7$	

Таблица 2. Рангова матрица (тегловна матрица)

Показател → Преподавател ↓	$y_1$	$y_2$	...	$y_j$	...	$y_m$
1	$a_{11}$	$a_{12}$	...	$a_{1j}$	...	$a_{1m}$
2	$a_{21}$	$a_{22}$	...	$a_{2j}$	...	$a_{2m}$
3	$a_{31}$	$a_{32}$	...	$a_{3j}$	...	$a_{3m}$
⋮	⋮	⋮		⋮		⋮
$i$	$a_{i1}$	$a_{i2}$	...	$a_{ij}$	...	$a_{im}$
⋮	⋮	⋮		⋮		⋮
$R$	$a_{R1}$	$a_{R2}$	...	$a_{Rj}$	...	$a_{Rm}$

Таблица 3. Рангове на показателите, получени от анкетата

Показател → Преподавател ↓	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$
1.	7	1	3	6	5	2	4
2.	7	5	3	1	4	1	5
3.	7	2	3	4	5	1	6
4.	7	4	5	6	2	2	2
5.	6	5	7	3	3	1	1
6.	6	1	4	3	5	2	7
7.	6	2	5	1	4	3	7
8.	5	1	7	3	6	1	3
9.	7	5	6	1	4	3	2
10.	7	3	4	2	6	5	1
11.	6	7	2	5	4	3	1
12.	6	1	5	2	3	7	4
13.	5	3	7	1	4	1	6
14.	4	3	6	1	2	7	5
15.	4	3	5	1	7	6	2
16.	6	1	3	4	7	1	5
17.	6	6	2	6	4	3	5
18.	7	1	2	4	6	3	5
19.	6	1	1	5	7	3	3

Тези рангове трябва да си поделят позициите. Например, петият преподавател има 2+2 повтарящи се рангове и е дал ранг 1 за показатели  $y_6$  и  $y_7$  и ранг 3 на  $y_4$  и  $y_5$ . Показатели  $y_6$  и  $y_7$  си поделят първа и втора позиция. На двата показателя се определя ранг 1.5, т.е.  $(1+2)/2 = 1.5$ . Показатели  $y_6$  и  $y_7$  си поделят трета и четвърта позиция. На двата показателя се присписва ранг 3.5, т.е.  $(3+4)/2=3.5$ . Така сумата на нормализираните рангове става 28. По същия начин са нормализирани останалите съвпадащи рангове. Нормализираната рангова матрица е дадена в табл. 4.

Таблица 4. Определяне на приоритетите и тегловните коефициенти на показателите

Показател → Преподавател ↓	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$t_i$	$T_i$
1.	7	1	3	6	5	2	4	0	0
2.	7	<u>5.5</u>	3	<u>1.5</u>	4	<u>1.5</u>	<u>5.5</u>	2+2	1
3.	7	2	3	4	5	1	6	0	0
4.	7	4	5	6	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	3	2
5.	6	5	7	<u>3.5</u>	<u>3.5</u>	<u>1.5</u>	<u>1.5</u>	2+2	1
6.	6	1	4	3	5	2	7	0	0
7.	6	2	5	1	4	3	7	0	0
8.	5	<u>1.5</u>	7	<u>3.5</u>	6	<u>1.5</u>	<u>3.5</u>	2+2	1
9.	7	5	6	1	4	3	2	0	0
10.	7	3	4	2	6	5	1	0	0
11.	6	7	2	5	4	3	1	0	0
12.	6	1	5	2	3	7	4	0	0
13.	5	3	7	<u>1.5</u>	4	<u>1.5</u>	6	2	0.5
14.	4	3	6	1	2	7	5	0	0
15.	4	3	5	1	7	6	2	0	0
16.	6	<u>1.5</u>	3	4	7	<u>1.5</u>	5	2	0.5
17.	<u>6</u>	<u>6</u>	2	<u>6</u>	4	3	5	3	2
18.	7	1	2	4	6	3	5	0	0
19.	6	<u>1.5</u>	<u>1.5</u>	5	7	<u>3.5</u>	<u>3.5</u>	2+2	1
$\sum_{i=1}^{19} a_{ij}$	102	54.5	77	52	75.5	51.5	63.5	$\sum_{i=1}^{19} T_i = 9.0$	
$\delta_j$	26	-21.5	1	-24	-0.5	-24.5	-12.5	$\sum_{j=1}^7 \delta_j^2 = 2472$	
$V_j$	0.2719298	0.6885965	0.4912281	0.7105263	0.504386	0.7149123	0.6096491		
$W_j$	0.0681319	0.1725275	0.1230769	0.178022	0.1263736	0.1791209	0.1527473		
<b>Ранг</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>4</b>		

#### 4. Изчисляване на коефициента на съгласие

Коефициентът на съгласие  $w_k$  (коефициент на конкордация на Кендал) при наличие на съвпадащи рангове се определя по формулата [6]:

$$w_k = \frac{12 \sum_{j=1}^m \delta_j^2}{R^2(m^3 - m) - 12 R \sum_i T_i} \quad (2)$$

където величината  $T_i$  отчита съвпадащите рангове на всеки анкетиран и се определя по формулата

$$T_i = \frac{1}{12} \sum_{t_i} (t_i^3 - t_i). \quad (3)$$

$t_i$  е броят на повтарящите се рангове поотделно за всеки анкетиран студент  $i$ .

Например, за анкетирания преподавател No 5 в табл. 4 има (2 + 2) броя повторения  $t_5$ , следователно поправъчният коефициент  $T_5$  ще бъде

$$T_5 = \frac{2^3 - 2 + 2^3 - 2}{12} = \frac{12}{12} = 1.0.$$

Стойността на  $\delta_j$  в (2) се изчислява по формулата

$$\delta_j = \sum_{i=1}^R a_{ij} - S_{cp}, \quad (4)$$

където  $\sum_{i=1}^R a_{ij}$  е сумата от ранговете за всеки

показател  $y_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, m$ ,

$S_{cp}$  е средната сума от всички рангове

$$S_{cp} = \frac{R(m+1)}{2}. \quad (5)$$

В случая  $S_{cp} = 76$ .

По данните от табл. 4 и формули (2), (3), (4) и (5) е изчислен коефициентът на съгласие

$$w_k = \frac{12.29664}{19^2(7^3 - 7) - 12.19.9} = 0.25.$$

### 5. Проверка на значимостта на коефициента на съгласие

Коефициентът на съгласие  $W_k$  може да се изменя от 0 при пълна несъгласуваност в мненията до +1 при пълна съгласуваност.

Оценка на значимостта на изчисления коефициент  $W_k$  се прави по  $\chi^2$  - критерий при  $m \geq 7$  или по  $Z$  - критерия на Фишер при  $m < 7$  [6]. При  $m \geq 7$  се изчислява

$$\chi_{изч.}^2 = R(m-1)w_k. \quad (6)$$

Коефициентът на съгласуваност  $W_k$  е значим, ако  $\chi_{изч.}^2 > \chi_{табл.}^2(\alpha, \nu)$

$\chi_{табл.}^2$  се взема от таблица при степени на свобода  $\nu = m - 1$  и ниво на значимост  $\alpha$  (доверителна вероятност  $\beta = 1 - \alpha$ ).

Ако коефициентът на съгласие  $w_k$  е незначим, той се приема за равен на нула ( $w_k = 0$ ), а всички показатели на качеството се приемат за еднакво важни с тегловни коефициенти  $W_j = 1$ , ( $j = 1, 2, \dots, m$ ).

Значимостта на  $w_k = 0.25$  е проверена по  $\chi^2$  критерия по формула (6):

$$\chi_{изч.}^2 = R(m-1)w_k = 19(7-1)0.25 = 28.36.$$

При ниво на значимост  $\alpha = 0.01$  (доверителна вероятност  $\beta = 0.99$ ) и брой степени на свобода  $\nu = 7 - 1 = 6$ , табличната стойност на  $\chi_{табл.}^2 = 16.812$ .

$$\chi_{изч.}^2 = 28.36 > 16.812 = \chi_{табл.}^2.$$

С вероятност не по-малка от 99 % има съгласуваност в мненията на анкетираните преподаватели относно приоритетите на показателите за съставяне за АИРУЗ.

### 6. Изчисляване на тегловни коефициенти на индикаторите за качество на РУЗ

При условие, че има съгласуваност в субективните мнения на преподавателите могат да се изчислят тегловните коефициенти на показателите [11, 12].

$$W_j = \frac{V_j}{\sum_{j=1}^m V_j}, \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad (8)$$

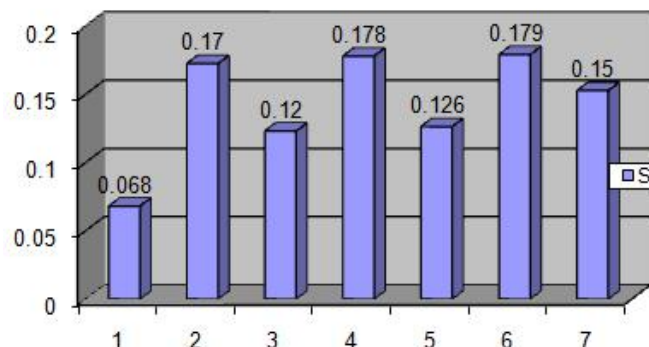
където

$$V_j = \frac{Rm - \sum_{i=1}^R a_{ij}}{Rm - R}. \quad (9)$$

За така изчислените тегловни коефициенти е изпълнено условието

$$\sum_{j=1}^m W_j = 1. \quad (10)$$

Тегловните коефициенти са пресметнати по формули (8) и (9) и са дадени в табл. 4.



Фиг. 2. Тегловни коефициенти на показателите при съставяне на АИРУЗ

На фиг. 1 са представени графично тегловните коефициенти на показателите на разписа. Най-важни за преподавателите се оказват следните показатели:

- $y_6$  - Наличие на свободен ден, с тегловен коефициент  $W_6 = 0.179$ ;
- $y_4$  - Причинно-следствена връзка на занятията  $W_4 = 0.178$ ;
- $y_2$  - Максимално уплътнен график в разписа с  $W_2 = 0.17$ ;
- $y_7$  - Равномерно ежедневно натоварване с тегловен коефициент  $W_7 = 0.15$ .

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От направеното изследване се установява, че преподавателите имат съгласуваност в мненията относно приоритетите на различните показатели за съставяне на РУЗ. Тези приоритети и оценените тегловни коефициенти ще бъдат основополагащи входни компоненти на бъдеща методология и алгоритъм за оптимално съставяне на РУЗ.

Оптималност при изготвянето на АИРУЗ се постига едва тогава, когато получим максимална удовлетвореност по всички показатели, без значение на техния ранг. При невъзможност да се осигури максимална удовлетвореност за всички показатели, се налага да се вземат компромисни решения, които ще удовлетворят най-важните показатели на качеството, а показателите с по-малка значимост да достигнат поне границата на удовлетвореност [12].

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Burke, E.K., Newall, J., 2003. Enhancing timetable solutions with local search methods. In: Burke, E.K., De Causmaecker, P. (Eds.), PATAT 2002, LNCS, vol. 2740. Springer, Heidelberg, pp. 195–206.
- [2] Burke, E.K., Petrovic, S., 2002. Recent research directions in automated timetabling. *European Journal of Operational Research* 140, 266–280.
- [3] Burke, E.K., Newall, J.P., Weare, R.F., 1996. A memetic algorithm for university exam timetabling. In: Burke, E.K., Ross, P. (Eds.), PATAT 1996, LNCS, vol. 1153. Springer, Heidelberg, pp. 241–250.
- [4] Burke, E.K., McCollum, B., Meisels, A., Petrovic, S., Qu, R., 2007. A graph-based hyperheuristic for educational timetabling problems. *European Journal of Operational Research* 176, 177–192.
- [5] Burke, E.K., Eckersley, A.J., McCollum, B., Petrovic, S., Qu, R., 2010. Hybrid variable neighbourhood approaches to university exam timetabling. *European Journal of Operational Research* 206, 46–53.
- [6] Kendall M, J. D. Gibbons. Rank Correlation Methods, Oxford University Press, New York, 1990.
- [7] Ерунов В.П. Формирование оптимального расписания учебных занятий в вузе. //Вестник ОГУ, 2001, № 3, с.55-63
- [8] Рашидова, Ф., Ст. Стоянов Определяне на приоритетите, тегловните коефициенти и отчитане на степента на удовлетвореност при изготвяне на разпис на учебните занятия за студентите – редовно обучение, Научно списание 'Известия' на ТУ-Габрово vol. 44' 2012 ISSN 1310-6686.
- [9]Рашидова, Ф., Определяне на приоритетите на показатели при изготвяне на разпис на учебните занятия, Сборник доклади от международна научна конференция Унитех'11, Габрово, vol.1, pp.1519-13, ISSN 1313-230X.
- [10]Рашидова, Ф., Определяне на степента на удовлетвореност при изготвяне на разпис на учебните занятия на студентите от редовна форма на обучение, Сборник доклади от международна научна конференция Унитех'12, Габрово, vol.1, pp.1638-13, ISSN 1313-230X.
- [11]Стоянов С., Оптимизация на технологични процеси, Техника, София, 1993.
- [12]Стоянов С., Удовлетвореност на клиентите и вземане на решения в здравните организации, Leonadro da Vinci pilot project SK/06/V/F/PP 177443, Ес принт, София, 2008.