

**ПРИЛОЖЕНИЕ НА ИНТЕРКРИТЕРИАЛЕН АНАЛИЗ  
ВЪРХУ РЕЙТИНГИТЕ НА ВИСШИТЕ УЧИЛИЩА В БЪЛГАРИЯ  
ЗА 2019–2020 ГОДИНА**

**Веселина Бурева<sup>1</sup>, Евдокия Сотирова<sup>1</sup>,  
Красимир Атанасов<sup>1,2</sup> и Велин Андонов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Лаборатория по интелигентни системи,  
Университет „Проф. д-р Асен Златаров“  
бул. „Проф. Я. Якимов“ № 1, Бургас 8010, България  
e-mails: vbureva@btu.bg,  
esotirova@btu.bg; ensotirova@gmail.com

<sup>2</sup> Секция „Биоинформатика и математическо моделиране“,  
Институт по биофизика и биомедицинско инженерство,  
Българска академия на науките  
ул. „Акад. Г. Бончев“, блок 105, София 1113, България  
e-mail: krat@bas.bg

<sup>3</sup> Институт по математика и информатика,  
Българска академия на науките  
ул. „Акад. Г. Бончев“, блок 8, София 1113, България  
e-mail: velin\_andonov@math.bas.bg

**Резюме:** Представено е приложение на Интеркритериалния анализ (ИКА) върху данни от рейтингова система на университетите в България за 2019 година. Целта на изследването е да се определят взаимовръзките между индикаторите в класацията. Процедурата по изследване на характеристиките между индикаторите е възможно да се окаже полезна с цел оптимизиране. Изследвани са и възможни зависимости между университетите в рейтинговата класация.

**Ключови думи:** Интеркритериален анализ, Интуиционистки размити двойки, Рейтинги на университети.

## **1. Въведение**

В настоящата статия се представя кратък обзор на рейтинговата система в България. Изследвани са данни за рейтингите на университетите в професионално направление „Коммуникационна и компютърна техника“ за 2019 година. Университетските индикатори по учебния процес, научната дейност, учебната среда, социално-битови и административни услуги, престиж, реализация на пазара на труда и регионална значимост са изследвани. Индикаторите, използвани в рейтинговата система са разработени на база статистически

данни. Теглото на индикатора показва неговата значимост. Методологията за рейтинговата система в България за 2019 година е представена в [17].

Интеркритериалният анализ (ИКА) е метод за взимане на решение, базиран на теориите на интуиционистки размитите множества [4], интуиционистки размитите двойки [7] и индексирани матрици [3]. Тук индексиранията матрица е използвана с цел представяне на входните данни в удобен за обработка вид. В зависимост от размерността структурата на индексиранията матрица може да бъде двумерна, тримерна или  $n$ -мерна. В стандартния случай на двумерна индексиранията матрица обектите на изследването са разположени по колоните, а критериите са изброени по редовете.

Нека да е дадена следната индексиранията матрица:

$$R = \begin{array}{c|cccccc} & U_1 & \dots & U_i & \dots & U_j & \dots & U_n \\ \hline I_1 & a_{I_1, U_1} & \dots & a_{I_1, U_i} & \dots & a_{I_1, U_j} & \dots & a_{I_1, U_n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ I_k & a_{I_k, U_1} & \dots & a_{I_k, U_i} & \dots & a_{I_k, U_j} & \dots & a_{I_k, U_n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ I_l & a_{I_l, U_1} & \dots & a_{I_l, U_i} & \dots & a_{I_l, U_j} & \dots & a_{I_l, U_n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ I_m & a_{I_m, U_1} & \dots & a_{I_m, U_i} & \dots & a_{I_m, U_j} & \dots & a_{I_m, U_n} \end{array}$$

където  $U = \{U_1, U_2, \dots, U_n\}$  е множеството на университетите, а  $I = \{I_1, I_2, \dots, I_m\}$  е множеството на индикаторите. За всяко  $p, q$  ( $1 \leq p \leq m; 1 \leq q \leq n$ )  $I_p$  е оценяващ критерий, а  $U_q$  е обект, който се оценява. Стойността  $a_{I_p, U_q}$  е реално число или интуиционистки размита двойка, т.е., двойка от вида  $\langle a, b \rangle$ , където  $a$  и  $b$  са числа в интервала  $[0, 1]$  и  $a + b \leq 1$ . Стойностите се сравняват чрез релации. Броячи следят за вида на релациите между критериите. Ако релациите са от вида  $<, <$  или  $>, >$  стойността на единия брояч  $S_{k,l}^\mu$  нараства, докато ако имаме релации от вида  $<, >$  или  $>, <$  стойността на другия брояч  $S_{k,l}^\nu$  е увеличена. Процесът на функциониране на ИКА е представен в [6]. Степените на принадлежност и на непринадлежност се изчисляват по следните формули:

$$\mu_{I_k, I_l} = 2 \frac{S_{k,l}^\mu}{n(n-1)}, \quad \nu_{I_k, I_l} = 2 \frac{S_{k,l}^\nu}{n(n-1)}$$

Резултатната индексиранията матрица има формата:

$$\begin{array}{c|ccc} & I_1 & \dots & I_m \\ \hline I_1 & \langle \mu_{I_1, I_1}, \nu_{I_1, I_1} \rangle & \dots & \langle \mu_{I_1, I_m}, \nu_{I_1, I_m} \rangle \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ I_m & \langle \mu_{I_m, I_1}, \nu_{I_m, I_1} \rangle & \dots & \langle \mu_{I_m, I_m}, \nu_{I_m, I_m} \rangle \end{array}$$

Случаят с релацията  $r = 1$  е изследван в [6] и за него са предложени различни алгоритми. Скалата за оценяване на зависимостите между индикаторите или университетите е въведена в [5].

Степени на корелация	Видове консонанс										
	Силен негативен консонанс	Негативен консонанс	Слаб негативен консонанс	Слаб дисонанс	Дисонанс	Силен дисонанс	Дисонанс	Слаб дисонанс	Слаб позитивен консонанс	Позитивен консонанс	Силен позитивен консонанс
	[0; 0.05]	[0; 0.15]	[0.15; 0.25]	[0.25; 0.33]	[0.33; 0.43]	[0.43; 0.57]	[0.57; 0.67]	[0.67; 0.75]	[0.75; 0.85]	[0.85; 0.95]	[0.95; 1]

Фиг. 1. Скала за определяне на типа на корелациите между критериите

Представеното изследване е продължение на статии [11, 12]. Чрез средствата на ИКА вече са изследвани рейтинговите системи на Полша [15], Словакия [9], Турция [13], Великобритания [18], Австралия [19] и Индия [16]. Теорията на ИКА е разширена в [1, 2, 8, 10, 20].

## 2. Приложение на интеркритериалния анализ върху данни в професионално направление „Комуникационна и компютърна техника“ за 2019 година

ИКА е приложен върху данните от професионално направление „Комуникационна и компютърна техника“ за 2019 година. За целта на анализа е използван софтуерът ICrAData [14]. Входните данни включват 15 университета. Допълнително два университета са премахнати поради недостатъчно предоставени данни. Включените университети в рейтинговата система са следните:

1. Технически университет – София
2. Технически университет – Варна
3. Нов български университет
4. Висше транспортно училище „Годор Каблешков“
5. Софийски университет „Св. Климент Охридски“
6. Пловдивски университет „Пайсий Хилендарски“
7. Национален военен университет „Васил Левски“ – Велико Търново
8. Русенски университет „Ангел Кънчев“
9. Технически университет – Габрово
10. Университет по хранителни технологии – Пловдив
11. Университет „Проф. д-р Асен Златаров“ – Бургас
12. Шуменски университет „Епископ Константин Преславски“
13. Висше училище по телекомуникации и пощи – София
14. Югозападен университет „Неофит Рилски“ – Благоевград
15. Бургаски свободен университет

Индикаторите от рейтинговата система са групирани в шест категории. В изследването е използвана следната номерация:

- V1 – Учебен процес
- V2 – Научни изследвания

- V3 – Учебна среда
- V4 – Социално-битови и административни услуги
- V5 - Престиж
- V6 – Реализация на пазара на труда

## 2.1. Приложение на интеркритериалния анализ върху данни от рейтинговата система България с цел определяне на зависимости между университетите

ИКА е приложен върху данните за университетските рейтинги от 2019 година в направление „Комуникационна и компютърна техника“. Изследвана е възможността за взаимовръзки между различните университети. Резултатите са представени на Фиг. 2.

$\mu$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	(1,00, 0,00)	(0,73, 0,27)	(0,73, 0,27)	(0,60, 0,40)	(0,53, 0,47)	(0,60, 0,33)	(0,27, 0,67)	(0,47, 0,53)	(0,53, 0,40)	(0,53, 0,40)	(0,73, 0,27)	(0,47, 0,53)	(0,60, 0,40)	(0,53, 0,40)	(0,67, 0,33)
2	(0,73, 0,27)	(1,00, 0,00)	(0,73, 0,27)	(0,73, 0,27)	(0,40, 0,60)	(0,87, 0,07)	(0,53, 0,40)	(0,73, 0,27)	(0,67, 0,27)	(0,53, 0,40)	(0,87, 0,13)	(0,60, 0,40)	(0,73, 0,27)	(0,73, 0,20)	(0,80, 0,20)
3	(0,73, 0,27)	(0,73, 0,27)	(1,00, 0,00)	(0,47, 0,53)	(0,53, 0,47)	(0,60, 0,33)	(0,53, 0,40)	(0,60, 0,40)	(0,40, 0,53)	(0,47, 0,47)	(0,60, 0,40)	(0,33, 0,37)	(0,47, 0,53)	(0,47, 0,47)	(0,53, 0,47)
4	(0,60, 0,40)	(0,73, 0,27)	(0,47, 0,53)	(1,00, 0,00)	(0,13, 0,87)	(0,67, 0,27)	(0,67, 0,27)	(0,60, 0,40)	(0,87, 0,07)	(0,67, 0,27)	(0,87, 0,13)	(0,60, 0,40)	(0,87, 0,13)	(0,80, 0,13)	(0,80, 0,20)
5	(0,53, 0,47)	(0,40, 0,60)	(0,53, 0,47)	(0,13, 0,87)	(1,00, 0,00)	(0,27, 0,67)	(0,27, 0,67)	(0,27, 0,73)	(0,07, 0,87)	(0,33, 0,60)	(0,27, 0,73)	(0,40, 0,60)	(0,27, 0,73)	(0,13, 0,80)	(0,20, 0,80)
6	(0,60, 0,33)	(0,87, 0,07)	(0,60, 0,33)	(0,67, 0,27)	(0,27, 0,67)	(1,00, 0,00)	(0,47, 0,40)	(0,80, 0,13)	(0,73, 0,13)	(0,40, 0,47)	(0,73, 0,20)	(0,67, 0,27)	(0,60, 0,33)	(0,80, 0,07)	(0,80, 0,13)
7	(0,27, 0,67)	(0,53, 0,40)	(0,53, 0,40)	(0,67, 0,27)	(0,27, 0,67)	(0,47, 0,40)	(1,00, 0,00)	(0,67, 0,27)	(0,53, 0,33)	(0,47, 0,40)	(0,53, 0,40)	(0,53, 0,40)	(0,60, 0,33)	(0,53, 0,33)	(0,47, 0,47)
8	(0,47, 0,53)	(0,73, 0,27)	(0,60, 0,40)	(0,60, 0,40)	(0,27, 0,73)	(0,80, 0,13)	(0,67, 0,27)	(1,00, 0,00)	(0,67, 0,27)	(0,33, 0,60)	(0,60, 0,40)	(0,73, 0,27)	(0,47, 0,53)	(0,73, 0,20)	(0,67, 0,33)
9	(0,53, 0,40)	(0,67, 0,27)	(0,40, 0,53)	(0,87, 0,07)	(0,07, 0,87)	(0,73, 0,13)	(0,53, 0,33)	(0,67, 0,27)	(1,00, 0,00)	(0,53, 0,33)	(0,80, 0,13)	(0,67, 0,27)	(0,73, 0,20)	(0,87, 0,00)	(0,87, 0,07)
10	(0,53, 0,40)	(0,53, 0,40)	(0,47, 0,47)	(0,67, 0,27)	(0,33, 0,60)	(0,40, 0,47)	(0,47, 0,40)	(0,33, 0,60)	(0,53, 0,33)	(1,00, 0,00)	(0,67, 0,27)	(0,27, 0,57)	(0,80, 0,13)	(0,47, 0,40)	(0,60, 0,33)
11	(0,73, 0,27)	(0,87, 0,13)	(0,60, 0,40)	(0,87, 0,13)	(0,27, 0,73)	(0,73, 0,20)	(0,53, 0,40)	(0,60, 0,40)	(0,80, 0,13)	(0,67, 0,27)	(1,00, 0,00)	(0,60, 0,40)	(0,87, 0,13)	(0,80, 0,13)	(0,93, 0,07)
12	(0,47, 0,53)	(0,60, 0,40)	(0,33, 0,37)	(0,60, 0,40)	(0,40, 0,60)	(0,67, 0,27)	(0,53, 0,40)	(0,73, 0,27)	(0,67, 0,27)	(0,27, 0,57)	(0,60, 0,40)	(1,00, 0,00)	(0,47, 0,53)	(0,73, 0,20)	(0,67, 0,33)
13	(0,60, 0,40)	(0,73, 0,27)	(0,47, 0,53)	(0,87, 0,13)	(0,27, 0,73)	(0,60, 0,33)	(0,60, 0,33)	(0,47, 0,53)	(0,73, 0,20)	(0,80, 0,13)	(0,87, 0,13)	(0,47, 0,53)	(1,00, 0,00)	(0,67, 0,27)	(0,67, 0,27)
14	(0,53, 0,40)	(0,73, 0,20)	(0,47, 0,47)	(0,80, 0,13)	(0,13, 0,80)	(0,80, 0,07)	(0,53, 0,33)	(0,73, 0,20)	(0,87, 0,00)	(0,47, 0,40)	(0,80, 0,13)	(0,73, 0,20)	(0,67, 0,27)	(1,00, 0,00)	(0,87, 0,07)
15	(0,67, 0,33)	(0,80, 0,20)	(0,53, 0,47)	(0,80, 0,20)	(0,20, 0,80)	(0,80, 0,13)	(0,47, 0,47)	(0,67, 0,33)	(0,87, 0,07)	(0,60, 0,33)	(0,93, 0,07)	(0,67, 0,33)	(0,80, 0,20)	(0,87, 0,07)	(1,00, 0,00)

Фиг. 2. Интуиционистки размити двойки, представящи взаимовръзките между университетите от рейтинговата система

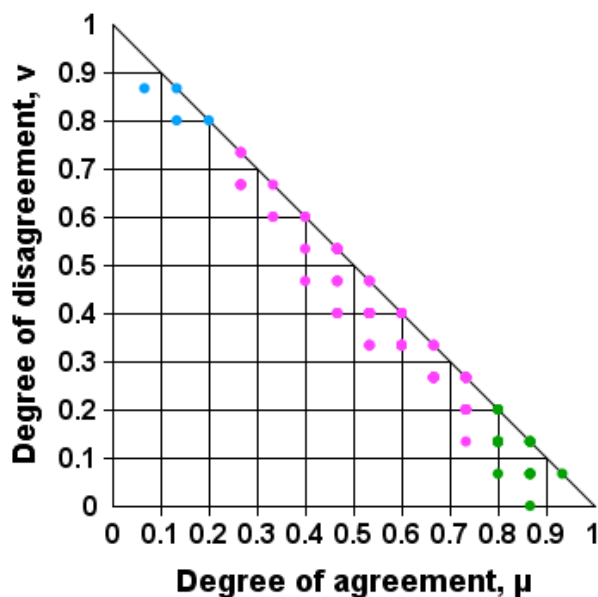
Степен на корелация	Вид консонанс	Двойки от университети	Брой двойки
[0; 0,05]	Силен негативен консонанс	-	0
[0,05; 0,15]	Негативен консонанс	4-5, 5-9,5-14	3
[0,15; 0,25)	Слаб негативен консонанс	5-15	1
[0,25; 0,33)	Слаб дисонанс	5-6,1-7, 5-7, 5-8, 5-11, 10-12, 5-13	7
[0,33; 0,43)	Дисонанс	2-5, 3-9, 5-10, 6-10, 8-10, 3-12, 5-12	7
[0,43; 0,57)	Силен дисонанс	3-4, 1-5,3-5,2-7, 3-7, 6-7, 1-8, 1-9, 7-9, 1-10, 2-10, 3-10, 7-10, 9-10, 7-11, 1-12, 7-12, 3-13, 8-13, 12-13, 1-14, 3-14, 7-14, 10-14, 3-15, 7-15	26

<i>Степен на корелация</i>	<i>Вид консонанс</i>	<i>Двойки от университети</i>	<i>Брой двойки</i>
[0,67; 0,75)	Слаб дисонанс	2-1, 1-3, 2-3, 2-4, 4-6, 4-7, 2-8, 7-8, 2-9, 6-9, 8-9, 4-10, 1-11, 3-11, 6-11, 10-11, 6-12, 8-12, 9-12, 2-13, 9-13, 2-14, 8-14, 12-14, 13-14, 1-15, 8-15, 12-15	28
[0,75; 0,85)	Слаб позитивен консонанс	6-8, 9-11, 10-12, 4-14, 6-14, 11-14, 2-15, 4-15, 6-15, 13-15	10
[0,85; 0,95)	Позитивен консонанс	2-6, 4-9, 2-11, 4-11, 4-13, 11-13, 9-14, 9-15, 11-15, 14-15	10
[0,95; 1]	Силен позитивен консонанс	-	0

Таблица 1. Двойки от университети, попаднали в негативен консонанс, дисонанс и позитивен консонанс

Резултатите от приложението на ИКА над данните в професионално направление „Комуникационна и компютърна техника“ от рейтинговата система за 2019 година са визуализирани в интуиционистки размития триъгълник (Фиг.3). Получени са следните изводи (Таблица 1): 10 двойки от университети в позитивен консонанс, 10 двойки университети в слаб позитивен консонанс, 35 двойки от университети в слаб дисонанс, 20 двойки от университети в дисонанс, 26 двойки от университети в силен дисонанс, 1 двойка от университети в силен негативен консонанс, 3 двойки от университети в негативен консонанс. Двойките от университети в позитивен консонанс, слаб позитивен консонанс, силен дисонанс, слаб негативен консонанс и негативен консонанс са изброени по-долу. Университетите, които имат сходно поведение, са удовлетворили условията на позитивен консонанс и слаб позитивен консонанс. Те имат близки взаимовръзки, но не и съвсем еднакво поведение. Двойките университети в силен дисонанс, дисонанс и слаб дисонанс проявяват характеристики на независимост. Тези университети нямат подобна работна тенденция. Двойките университети в негативен консонанс и слаб негативен консонанс имат срещуположни характеристики.

**Двойки от университети в позитивен консонанс:** “Технически университет, Варна – Пловдивски университет "Паисий Хилендарски"”, “Висше училище по транспорт "Тодор Каблешков", София – Технически университет, Габрово”, “Технически университет, Варна – Университет "Проф. д-р Асен Златаров", Бургас”, “Висше училище по транспорт "Тодор Каблешков", София” – Университет "Проф. д-р Асен Златаров", Бургас”, Висше училище по транспорт "Тодор Каблешков", София – Университет по телекомуникации и пощи, София”, Университет "Проф. д-р Асен Златаров", Бургас – Университет по телекомуникации и пощи, София”, “Технически университет, Габрово – Югозападен университет "Неофит Рилски", Благоевград”, “Технически университет, Габрово – Бургаски свободен университет”, “Университет "Проф. д-р Асен Златаров", Бургас – Бургаски свободен университет”, “Югозападен университет "Неофит Рилски” – Бургаски свободен университет”.



Фиг. 3. Представяне на двойките от университети в интуиционистки размития триъгълник

**Двойки от университети в слаб позитивен консонанс:** “Пловдивски университет “Паисий Хилендарски” – Русенски университет “Ангел Кънчев””, “Технически университет, Габрово – Университет “Проф. д-р Асен Златаров”, Бургас”, “Университет по хранителни технологии, Пловдив – Шуменски университет “Епископ Константин Преславски””, “Висше училище по транспорт “Тодор Каблешков”, София” – Югозападен университет “Неофит Рилски”, Благоевград”, “Пловдивски университет “Паисий Хилендарски” – Югозападен университет “Неофит Рилски”, Благоевград”, Университет “Проф. д-р Асен Златаров”, Бургас – Югозападен университет “Неофит Рилски”, Благоевград””, “Технически университет, Варна – Бургаски свободен университет”, “Висше училище по транспорт “Тодор Каблешков”, София – Бургаски свободен университет”, “Пловдивски университет “Паисий Хилендарски” – Бургаски свободен университет”, “Университет по телекомуникации и пощи, София – Бургаски свободен университет”.

**Двойки от университети в негативен консонанс:** “Висше училище по транспорт “Тодор Каблешков”, София – Софийски университет “Св. Климент Охридски””, Софийски университет “Св. Климент Охридски” – Технически университет, Габрово” и Софийски университет “Св. Климент Охридски” – Югозападен университет “Неофит Рилски”, Благоевград”.

**Двойки от университети в слаб негативен консонанс:** Софийски университет “Св. Климент Охридски” – Бургаски свободен университет”.

## 2.2 Приложение на интеркритериалния анализ върху данни от рейтинговата система в България за 2019 година за определяне на възможни взаимовръзки между индикаторите

Второто приложение на ИКА върху данни от рейтинговата система има за цел да определи наличието на взаимовръзки между индикаторите, използвани за оценяване на университетите. Резултатите от тестването са представени на Фиг. 4. В настоящото изследване първоначално са анализирани целите групи от индикатори.

$\mu$	B1	B2	B3	B4	B5	B6
B1	(1.00, 0.00)	(0.61, 0.30)	(0.53, 0.36)	(0.51, 0.36)	(0.49, 0.42)	(0.56, 0.34)
B2	(0.61, 0.30)	(1.00, 0.00)	(0.59, 0.36)	(0.50, 0.44)	(0.60, 0.36)	(0.47, 0.46)
B3	(0.53, 0.36)	(0.59, 0.36)	(1.00, 0.00)	(0.56, 0.38)	(0.64, 0.33)	(0.51, 0.42)
B4	(0.51, 0.36)	(0.50, 0.44)	(0.56, 0.38)	(1.00, 0.00)	(0.60, 0.35)	(0.55, 0.36)
B5	(0.49, 0.42)	(0.60, 0.36)	(0.64, 0.33)	(0.60, 0.35)	(1.00, 0.00)	(0.64, 0.30)
B6	(0.56, 0.34)	(0.47, 0.46)	(0.51, 0.42)	(0.55, 0.36)	(0.64, 0.30)	(1.00, 0.00)

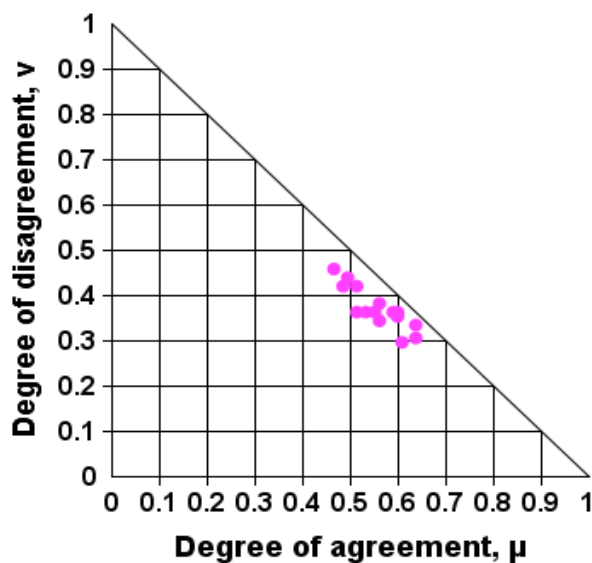
Фиг. 4. Резултати от тестването с ИКА за определяне на взаимовръзки между категории от индикатори

Резултатите от приложението на ИКА върху данните са представени в интуитивни размития триъгълник (Фиг. 5). Следните изводи са получени (Таблица 2): 2 двойки от категории с индикатори в слаб дисонанс, 11 двойки от категории с индикатори в дисонанс и 2 двойки от категории с индикатори в силен дисонанс.

Очевидно категориите с индикатори са независими и стабилни. Всички категории са попаднали в областта на дисонанс, слаб дисонанс и силен дисонанс. Двойките категории от индикатори в силен дисонанс са: “Научни изследвания – Социално-битови и административни услуги” и “Научни изследвания – Реализация на пазара на труда”.

Степен на корелация	Вид консонанс	Двойки от категории	Брой двойки
[0,25; 0,33)	Слаб дисонанс	B1-B2, B5-B6	2
[0,33; 0,43)	Дисонанс	B1-B3, B2-B3, B1-B4, B3-B4, B1-B5, B2-B5, B3-B5, B4-B5, B1-B6, B3-B6, B4-B6	11
[0,43; 0,57)	Силен дисонанс	B2-B4, B2-B6	2

Таблица 2. Двойки от категории индикатори в дисонанс



Фиг. 5. Резултата от приложението на ИКА за определяне на възможни взаимовръзки между категориите от индикатори

### 2.3 Приложение на интеркритериалния анализ върху данни от рейтинговата система в България с цел определяне на възможни взаимовръзки между индикаторите в класацията

В третото изследване целта на авторите е да анализират данните от рейтинговата система за взаимовръзки между индикаторите в класацията. Индикатор I6 „Регулирани специалности“ има стойност “0” за всички университети и е премахнат от входните таблици. Индикаторите от рейтинговата система са представени със следната номерация:

- I1 - Международна мобилност
- I2 - Програмна акредитация
- I3 - Ексклузивност на преподавателския състав
- I4 - Специалности за обучение на бакалаври
- I5 - Специалности за обучение на магистри
- I6 - *Регулирани специалности*
- I7 - Институционална акредитация
- I8 - Дипломирани студенти
- I9 - Докторски програми в професионалното направление
- I10 - Съотношение докторанти към студенти
- I11 - Общо средства за НИД на студент
- I12 - Привлечени средства за НИД на студент
- I13 - Докторски програми във висшето училище
- I14 - Индекс на цитируемост на висшето училище (Web of Science)



- I15 - Индекс на цитируемост по научна област (Web of Science)
- I16 - Среден брой цитирания на документ (Web of Science)
- I17 - Документи, цитирани поне веднъж (Web of Science)
- I18 - Статии в научни списания (Web of Science)
- I19 - Индекс на цитируемост на висшето училище (Scopus)
- I20 - Индекс на цитируемост по научна област (Scopus)
- I21 - Индекс на цитируемост без автоцитирания по научна област (Scopus)
- I22 - Среден брой цитирания на документ (Scopus)
- I23 - Документи, цитирани поне веднъж (Scopus)
- I24 - Статии в научни списания (Scopus)
- I25 - Информационно обезпечаване
- I26 - Библиотечен фонд на студент
- I27 - Учебна застроена площ на студент
- I28 - Стопански инвентар (в лв. на студент)
- I29 - Оборудване (в лв. на студент)
- I30 - Ползваемост на библиотечния фонд
- I31 - Стипендии
- I32 - Студентски общежития
- I33 - Чуждестранни студенти
- I34 - Среден успех от дипломата за завършено средно образование
- I35 - Осигурителен доход на завършилите
- I36 - Безработица сред завършилите
- I37 - Принос към осигурителната система
- I38 - Съотношение на осигурителния доход на завършилите спрямо средната заплата за областта
- I39 - Безработица сред завършилите спрямо средната за региона на висшето училище (съотношение)
- I40 - Регионална реализация
- I41 - Регионална реализация на позиция за висше образование
- I42 - Приложение на придобитото висше образование и реализация по призвание
- I43 - Привлекателност на ВУ за кандидат-студентите в областта
- I44 - Привлекателност на ВУ за кандидат-студентите в региона

Получените степени на принадлежност и степени на непринадлежност от ИКА приложението върху данните от рейтинговата система в България за определяне на възможни взаимовръзки между индикаторите са представени на Фиг. 6 и Фиг. 7. Следните резултати са получени (Таблица 3): 110 двойки от индикатори в слаб дисонанс, 316 двойки от индикатори в дисонанс, 400 двойки от индикатори в силен дисонанс, 35 двойки от индикатори в слаб позитивен консонанс, 9 двойки от индикатори в позитивен консонанс и 1 двойка от индикатори в силен позитивен консонанс. Двойките от индикатори, попадащи в областта на слаб дисонанс, дисонанс или силен дисонанс, са независими една друга. Следователно техният избор за индикатори, оценяващи университетите, е коректен. Двойките от индикатори в слаб позитивен консонанс, позитивен консонанс или силен позитивен консонанс имат нарастващи взаимовръзки помежду си.

<i>Степен на корелация</i>	<i>Вид консонанс</i>	<i>Брой двойки</i>
[0; 0,05]	Силен негативен консонанс	-
[0,05; 0,15)	Негативен консонанс	-
[0,15; 0,25)	Слаб негативен консонанс	10
[0,25; 0,33)	Слаб дисонанс	30
[0,33; 0,43)	Дисонанс	112
[0,43; 0,57)	Силен дисонанс	400
[0,57; 0,67)	Дисонанс	204
[0,67; 0,75)	Слаб дисонанс	100
[0,75; 0,85)	Слаб позитивен консонанс	35
[0,85; 0,95)	Позитивен консонанс	9
[0,95; 1]	Силен позитивен консонанс	1

Таблица 3. Двойки от индикатори в негативен консонанс, дисонанс, позитивен консонанс

Съгласно получените резултати от приложението на ИКА най-силните зависимости между индикаторите са при двойката “Общо средства за НИД на студент – Привлечени средства за НИД на студент” в **силен позитивен консонанс**.

Двойките от индикатори в **позитивен консонанс** са следните: “Индекс на цитируемост на висшето училище (Web of Science) – Индекс на цитируемост на висшето училище (Scopus)”, “Индекс на цитируемост без автоцитирания по научна област (Scopus) – Среден брой цитирания на документ (Scopus)”, “Индекс на цитируемост без автоцитирания по научна област (Scopus) – Документи, цитирани поне веднъж (Scopus)”, “Документи, цитирани поне веднъж (Web of Science) – Статии в научни списания (Scopus)”, “Документи, цитирани поне веднъж (Scopus) – Статии в научни списания (Scopus)”, “Осигурителен доход на завършилите – Регионална реализация на позиция за висше образование”, “Осигурителен доход на завършилите – Приложение на придобитото висше образование и реализация по призвание”, “Регионална реализация на позиция за висше образование – Приложение на придобитото висше образование и реализация по призвание”, “Привлекателност на ВУ за кандидат-студентите в региона – Привлекателност на ВУ за кандидат-студентите в областта.

Двойките от индикатори в **слаб позитивен консонанс** имат следната форма: “Докторски програми в професионалното направление – Съотношение докторанти към студенти”, “Институционална акредитация – Докторски програми в университета”, “Общо средства за НИД на студент – Докторски програми в университета”, “Привлечени средства за НИД на студент – Докторски програми в университета”, “Индекс на цитируемост на висшето училище (Web of Science) – Индекс на цитируемост по научна област (Web of Science)”, “Докторски програми в университета – Документи, цитирани поне веднъж (Web of Science)”, “Индекс на цитируемост на висшето училище (Web of Science) – Документи, цитирани поне веднъж (Web of Science)”, “Индекс на

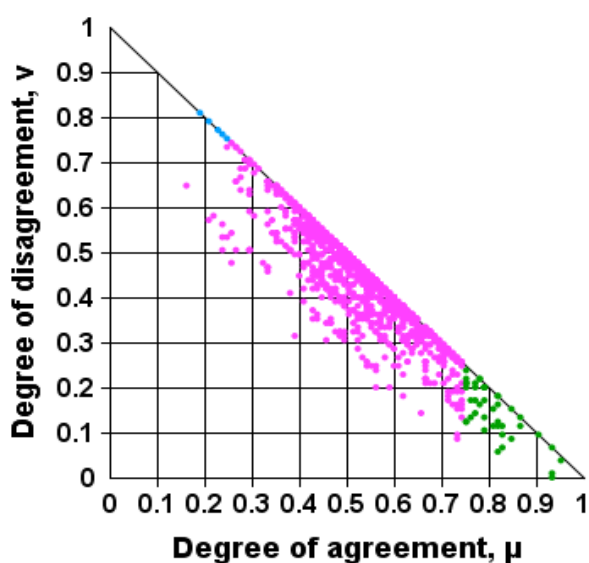


Фиг. 7. Степени на непринадлежност

веднъж (Scopus)”, “Индекс на цитируемост без автоцитирания по научна област (Scopus) – Документи, цитирани поне веднъж (Scopus)”, “Докторски програми във висшето училище – Статии в научни списания (Scopus)”, “Индекс на цитируемост на висшето училище (Web of Science) – Статии в научни списания (Scopus)”, “Индекс на цитируемост по научна област (Web of Science) – Статии в научни списания (Scopus)”, “Статии в научни списания (Web of Science) – Статии в научни списания (Scopus)”, “Индекс на цитируемост на висшето училище (Scopus) – Статии в научни списания (Scopus)”, “Индекс на цитируемост без автоцитирания по научна област (Scopus) – Статии в научни списания (Scopus)”, “Индекс на цитируемост без автоцитирания по научна област (Scopus) – Статии в научни списания (Scopus)”, “Докторски програми във висшето училище – Информационно обезпечаване”, “Учебна застроена площ на студент – Оборудване (в лв. на студент)”, “Общо средства за НИД на студент – Ползваемост на библиотечния фонд”, “Учебна застроена площ на студент – Ползваемост на библиотечния фонд”, “Принос към осигурителната система – Регионална реализация на позиция за висше образование”, “Оборудване (в лв. на студент) – Приложение на придобитото висше образование и реализация по призвание”, “Съотношение на осигурителния доход на завършилите

спрямо средната заплата за областта – Приложение на придобитото висше образование и реализация по призвание”.

Резултатите от приложението на ИКА върху данните от рейтингите на висшите училища в България за определяне на възможни позитивни или негативни взаимовръзки са изобразени върху интуиционистки размития триъгълник (Фиг. 8). Двойките от индикатори в слаб негативен консонанс са визуализирани със син цвят. Всички двойки, попаднали в дисонанс, слаб дисонанс или силен дисонанс, са изобразени със розов цвят. Двойките от индикатори в слаб позитивен консонанс, позитивен консонанс или силен позитивен консонанс са представени със зелен цвят в интуиционистки размития триъгълник.



Фиг. 8. Резултати от приложението на ИКА за изследване на поведението на индикаторите в рейтинговата система

#### 4. Резултати

Резултатите от приложението на ИКА над данните от рейтингите за висшите училища в България са изследвани. Извършени са три сравнения: сравнение на университетите, сравнение на категориите от индикатори и сравнение на самите индикатори.

В първото изследване ИКА е приложен върху рейтингите на висшите училища в България за 2019 година за професионално направление „Комуникационна и компютърна техника”. Следните резултати са получени:

- Двойките от университети в слаб позитивен консонанс и позитивен консонанс имат сходно поведение съгласно получените оценки спрямо индикаторите.

Получените двойки от университети имат констатирани подобия във функционирането си.

- Двойките от университети в дисонанс, слаб дисонанс и силен дисонанс са независими. Тези двойки от университети нямат близки взаимовръзки помежду си.
- Двойките от университети в слаб негативен консонанс имат срещуположно поведение. Получените двойки от университети са различни.

При второто приложение на ИКА върху рейтингите за висшите училища в България за 2019 година за професионално направление „Комуникационна и компютърна техника” е изследвано поведението между групите от индикатори. Получени са следните резултати:

- Двойките от индикатори в дисонанс, слаб дисонанс и силен дисонанс са независими. Получените двойки от категории с индикатори нямат сходно поведение.

Третото приложение на ИКА върху рейтингите за висшите училища в България за 2019 година за професионално направление „Комуникационна и компютърна техника” има за цел да анализира поведението на индикаторите в класацията. Получени са следните резултати:

- Двойките от индикатори в силен позитивен консонанс, слаб позитивен консонанс, и позитивен консонанс имат открити зависимости. Двойките от индикатори имат близки взаимовръзки.
- Двойките от индикатори в дисонанс, слаб дисонанс и силен дисонанс са независими. Изборът на двойките от индикатори е точен като те нямат никакви сходства помежду си.
- Двойките от индикатори в слаб негативен консонанс имат срещуположно един друг поведение. Индикаторите от резултатните двойки са различни характеристики един от друг.

## **5. Заключение**

В изследването са представени три приложения на ИКА върху данни от рейтингите за висшите училища в България за 2019 година за професионално направление „Комуникационна и компютърна техника“. Вероятностите за позитивни или отрицателни взаимовръзки или независимо поведение между университети, групи от индикатори и индикатори са изследвани. Направените сравнения подпомагат определянето на поведението на университети и индикатори, както и тяхното оценяване. Представените изследвания са продължение от поредица от публикации, оценяващи рейтинговите системи в различни държави.

## Благодарности

Авторите са благодарни за осигурената подкрепа по проект № КП-06-Н22/1/2018 „Теоретични изследвания и приложения на интеркритериалния анализ (ТИПИКА)“, Фонд „Научни изследвания“.

## Литература

- [1] Atanassov, K., Marinov, P., Atanassova, V., InterCriteria Analysis with Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Evaluations. In: *Cuzzocrea A., Greco S., Larsen H., Saccà D., Andreassen T., Christiansen H. (eds) Flexible Query Answering Systems. FQAS 2019. Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 11529., 2019, Springer, Cham.
- [2] Atanassov, K., Ribagin, S., Sotirova, E., Bureva, V., Atanassova, V., Angelova, N., InterCriteria analysis using special type of intuitionistic fuzzy implications. *Notes on Intuitionistic Fuzzy Sets*, Vol. 23, 2017, No. 5, 61–65.
- [3] Atanassov, K., *Index Matrices Towards an Augmented Matrix Calculus*. Studies in Computational Intelligence Series, Vol. 573, Springer, Cham, 2014.
- [4] Atanassov, K., *On Intuitionistic Fuzzy Sets Theory*, Springer, Berlin, 2012.
- [5] Atanassov, K., Atanassova, V., Gluhchev, G., InterCriteria Analysis: Ideas and problems. *Notes on Intuitionistic Fuzzy Sets*, 21(1), 2015, 81–88.
- [6] Atanassov, K., Mavrov, D., Atanassova, V., InterCriteria Decision Making: A New Approach for Multicriteria Decision Making, Based on Index Matrices and Intuitionistic Fuzzy Sets. *Issues in Intuitionistic Fuzzy Sets and Generalized Nets*, 11, 2014, 1–8.
- [7] Atanassov, K., Szmidt, E., Kacprzyk, J., On intuitionistic fuzzy pairs. *Notes on Intuitionistic Fuzzy Sets*, 19(3), 2013, 1–13.
- [8] Atanassova, V., Doukowska, L., Michalikova, A., Radeva, I., InterCriteria analysis: From pairs to triples. *Notes on Intuitionistic Fuzzy Sets*, Vol. 22, 2016, No. 5, 98–110.
- [9] Bureva, V., Michalíková, A., Sotirova, E., Popov, S., Riečan, B., Roeva, O., Application of the InterCriteria Analysis to the universities rankings system in the Slovak Republic, 21st ICIFS, 22–23 May 2017, Burgas, Bulgaria. *Notes on Intuitionistic Fuzzy Sets*, Vol. 23, 2017, No. 2, 128–140.
- [10] Bureva, V., Sotirova, E., Atanassova, V., Angelova, N., Atanassov, K., InterCriteria Analysis over Intuitionistic Fuzzy Data. In: *Lirkov I., Margenov S. (eds) Large-Scale Scientific Computing. LSSC 2017. Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 10665, 2018, Springer, Cham.
- [11] Bureva, V., Sotirova, E., Panayotov, H., The interCriteria decision making method to Bulgarian university ranking system. *Annual of "Informatics"- Section Union of Scientists in Bulgaria*, Vol. 8, 2015-2016, 54–70.

- [12] Bureva, V., Sotirova, E., Sotirov, S., Mavrov, D., Application of the InterCriteria decision making method to Bulgarian universities ranking, 19th Int. Workshop on IFSs, Burgas, 4–6 June 2015, *Notes on Intuitionistic Fuzzy Sets*, Vol. 21, 2015, No. 2, 111–117.
- [13] Cuvalcıoğlu, G., Bureva, V., Michalikova, A., InterCriteria analysis applied to university ranking system of Turkey. *Notes on Intuitionistic Fuzzy Sets*, Vol. 25, 2019, No.4, 90–97.
- [14] Ikononov, N., Vassilev, P., Roeva, O., ICraData – Software for InterCriteria Analysis. *INT.J.BIOAUTOMATION*, 22(1), 2018, 1–10.
- [15] Krawczak, M., Bureva, V., Sotirova, E., Szmidt, E., Application of the InterCriteria Decision Making Method to Universities Ranking. In: *Novel Developments in Uncertainty Representation and Processing, Vol. 401, Advances in Intelligent Systems and Computing*, Springer, 2016, 365–372.
- [16] Parvathi, R., Atanassova, V., Doukovska, L., Yuvapriya, C., Indhurekha, K., InterCriteria Analysis of rankings of Indian universities, ICIFSS, 8–10 January 2018, Erode, Tamil Nadu, India, *Notes on Intuitionistic Fuzzy Sets*, Vol. 24, No. 1, 2018, 99–109.
- [17] Рейтинг на висшите училища в България за 2019 година, Достъпен онлайн: <https://rsvu.mon.bg/rsvu4/#/>
- [18] Sotirova, E., Bureva, V., Chountas, P., Krawczak, M., An application of interCriteria decision making method to the rankings of universities in the United Kingdom, 20th ICIFS, 2–3 September 2016, Sofia, Bulgaria, *Notes on Intuitionistic Fuzzy Sets*, Vol. 22, 2016, No. 3, 112–119.
- [19] Sotirova, E., Shannon, A., Application of interCriteria analysis to the rankings of Australian universities, 2 nd International IFS Conference, Mersin, Turkey, 14–18 Oct. 2015, *Notes on Intuitionistic Fuzzy Sets*, Vol. 21, 2015, No. 4, 136–142.
- [20] Traneva, V., Tranev, S., Szmidt, E., Atanassov, K., Three dimensional interCriteria analysis over intuitionistic fuzzy data. In: *J. Kacprzyk et al. (eds.), Advances in Fuzzy Logic and Technology 2017, Advances in Intelligent Systems and Computing*, Vol. 641, Springer International Publishing AG 2018, 442–449.