

ОБЩА ОЦЕНКА НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА ДЕЙНОСТИТЕ ЗА ПОСТИГАНЕ НА ОПТИМАЛНА СРЕДА ЗА ОБУЧЕНИЕ, НАУЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ, ИНОВАЦИИ И УСТОЙЧИВО РАЗВИТИЕ НА ЧОВЕШКИЯ КАПИТАЛ В СФЕРАТА НА ХИМИЧЕСКИТЕ НАУКИ

**Ивайла Панчева, Мирослава Недялкова, Петко Петков,
Християн Александров, Васил Симеонов**
Софийски университет „Св. Климент Охридски“

Резюме. Настоящото изследване има за цел да представи под формата на анкетно проучване резултатите от общата оценка на организацията, финансирането, реализирането и постигането на заложените индикатори при осъществяване на дейностите по постигане на оптимална среда за обучение, научни изследвания, иновации и устойчиво развитие на човешкия капитал в сферата на химическите науки. Мнението на участниците (общо 102) е анализирано на базата на 14 въпроса, обобщаващи отделните компоненти по дейности в работната програма за целия период на проекта. Отговорите са подбрани и подадени към групата под формата на оценъчна скала от 1 до 5, покриващи мнения от „не одобрявам“ до „напълно одобрявам“. Числените оценки на всеки участник за всеки един от зададените въпроси са обработени, класифицирани и интерпретирани с помощта на два традиционни метода от многовариационната статистика – клъстерен анализ и анализ на главни компоненти. Показани са специфични връзки между обектите на изследване (участници в анкетата и реални участници в проекта), както и между зададените въпроси (променливи, характеристики за всеки отделен участник), дискутирани подробно в статията – възрастовите и квалификационните зависимости също са взети под внимание. Общата дейност по проекта е оценена много положително, като не липсват и справедливи критични елементи, които ще се приемат като препоръки и ще са полезни при реализирането на други проекти по европейски програми, насочени към развитието на умения и знания в подобна структура на целева група от смесен характер – млади учени, докторанти и преподаватели.

Ключови думи: училище за обучение; Европейска оперативна програма; окончателен доклад

Въведение

В периода на изпълнение на дейностите по проекта цялостната организация по провеждане и реализиране на конкретния компонент „Обучителна школа“, насочен към развитие на определени знания и умения от участниците, бе оценявана чрез анкетно проучване два пъти досега (Pancheva et al., 2018; 2019). От съществено значение бе да се получи и оценка на членовете на целевата група за цялото времетраене на активностите, предвидени в проекта, както и за ползите (лични и колективни) за всеки от участниците.

За изграждането на цялостната оценка бе проведена трета анкета сред участниците в проектните дейности и резултатите от отговорите на поставените въпроси бяха обработени и интерпретирани с помощта на методи на многовариационната статистика.

Целта на настоящото изследване е да се представи обективно общата оценка на предвидените дейности, позволяваща коректно интерпретиране на вижданията на всеки един участник в отделната дейност спрямо личното участие и съответно – връзката с екипа по координиране и управление на компонентната мрежа.

Структура на приложената анкета и методи за интерпретация на резултатите

Анкетата „Механизми на диалог и оценка“ за цялостното участие по дейностите от проекта се състои от 14 въпроса, представени по-долу.

1. Как оценявате достъпа до информация по дейностите, свързани с проекта?

2. Леснодостъпна ли беше необходимата документация за кандидатстване по отделните дейности, налична на интернет страницата на проекта?

3. Своевременно ли получаваште информация по социалната мрежа за предстоящите събития по проекта?

4. Как оценявате комуникацията през електронната поща на проекта при възникнали въпроси към оперативния екип?

5. Как оценявате финансовия ресурс при реализиране на участие в научен форум?

6. Как оценявате процеса на подготовка и финализиране на отчетната документация след реализиране на участие в научен форум?

7. До каква степен участието Ви в научен форум допринесе за създаване на нови научноизследователски контакти?

8. Как оценявате развитието на създадените международни сътрудничества след осъществяване на научноизследователска визита?

9. Как оценявате финансовия ресурс при реализиране на краткосрочна/дългосрочна научноизследователска визита?

10. Как оценявате процеса на подготовка и финализиране на отчетната документация след реализиране на научноизследователска визита?

11. Как оценявате формата за кандидатстване за финасиране на закупуването на химикали и консумативи?

12. До каква степен Ви затрудни участието в дейността по закупуването на химикали и консумативи?

13. Считате ли, че участието в целевата група на проекта допринесе за кариерното и личностното Ви израстване?

14. Как оценявате организацията на проведените в рамките на проекта събития (семинари, школи и конференции).

В анкетата взеха участие общо 102 души, които отговориха на всеки въпрос по скала с 5 възможни отговора (от най-ниско ниво 1, означаващо несъгласие или недоволство, до максимално 5, означаващо пълно съгласие и удовлетвореност). В таблицата с данни за резултатите от отговорите бе включен и параметърът „възраст“, чрез който е възможно да се интерпретират резултатите и по възрастови характеристики.

Използваните методи на многовариационната статистика са добре познати и описани в литературата (Massart & Kaufman, 1983; Massart et al., 1998). За интерпретация, класификация и моделиране на резултатите от анкетата бяха използвани: (1) *Клъстерен анализ (йерархично и нейерархично клъстериране K-means)*: целта на йерархичното клъстериране е да открие групи на подобие (клъстери) както между обектите на изследване (участници в анкетата), така и между параметрите, характеризиращи обектите (отговори по зададената скала на всеки въпрос от анкетата). Основните елементи на приложения алгоритъм включваха: стандартизация на изходните данни; определяне на подобие между обектите или променливите (параметрите) чрез квадрата на Евклидовото разстояние помежду им; свързване на обектите и променливите в групи на подобие по метода на Ward; определяне на значимостта на формираните клъстери по критерий на Sneath и представяне на резултатите в графичен формат – дендрограма. При нейерархичното клъстериране всички обекти или променливи се локализируют в предварително зададен брой клъстери в съответствие с предварителна хипотеза или експертно мнение; (2) *Анализ на главни компоненти (факторен анализ)*: целта е да се анализира структурата на данните в изходната матрица чрез идентифициране на латентни (скрити) фактори, представляващи нови координатни оси в пространството на променливите. Новите оси (линейни комбинации от оригиналните оси) обикновено са по-малко на брой от изходните и стремежът е да се редуцира координатното пространство за по-лесна визуализация и интерпретация на изходните данни. В резултат от анализа се получават сведения за т.нар. „факторни тегла“, представляващи регресионни коефициенти, с които старите оси участват във формиране на новите латентни фактори, и информиращи за връзките между променливите, както и „факторни резултати“, описващи новите координати на обектите на изследване. Този метод се нарича още проекционен, тъй като дава възможност за представяне на

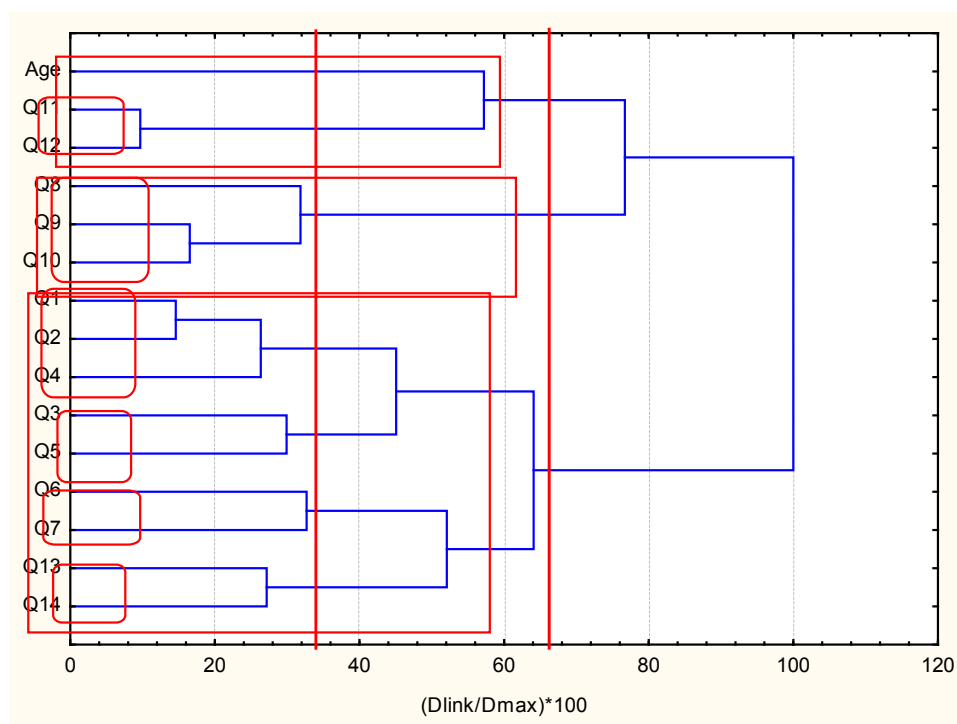
данните от многопараметрична структура върху равнинна графика, а и осигурява редуциране на броя на изходните променливи. При анализа се въвежда изискване за определяне значимостта на факторните тегла (над 0.70 по абсолютна стойност) и метод за подобряване на графичното изобразяване на връзките между променливите чрез факторните тегла (Varimax rotation mode).

Резултати и дискусия

Йерархично клъстериране

Клъстериране на въпросите от анкетата (променливи)

На фиг. 1 е представена йерархичната дендрограма за клъстериране на 14 въпроса от анкетата и параметъра „възраст“.



Фигура 1. Йерархична дендрограма за клъстериране на 15 променливи (14 въпроса и параметър „възраст“)

На дендрограмата са представени клъстери, получени при две нива на значимост на клъстерите ($1/3 D_{max}$ и $2/3 D_{max}$), съответно 6 и 3. Клъстерирането в три клъстера е по-убедително и логично:

K1 (Age, Q11, Q12)
K2 (Q8, Q9, Q10)
K3 (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7, Q13, Q14)

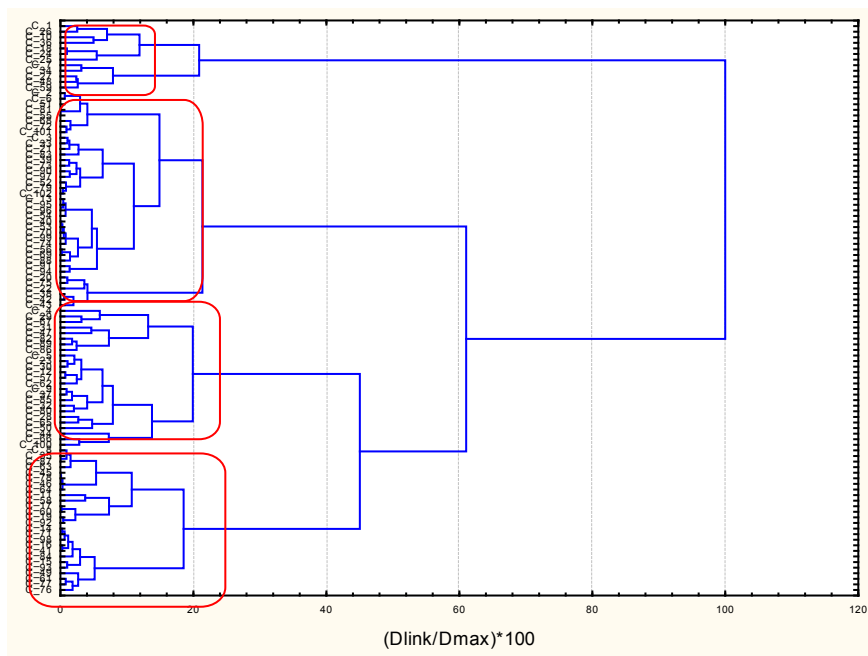
В първия клъстер участват типично логистично-административни въпроси и те неслучайно са свързани с параметъра „възраст“, тъй като по-опитните участници в проекта (по-висока възраст) се справят по-лесно с различните формални изисквания за оформяне на документи по проектни дейности, като закупуване на химикали и консумативи.

Вторият клъстер свързва в група на подобие финансови въпроси, които по принцип затрудняват участниците.

Третият клъстер е най-голям и обхваща въпроси за постигане на ниво на информираност по дейностите на проекта и личната удовлетвореност на младите учени от проведени специализации, школи, лекционни курсове и т.н.

Клъстериране на участниците в анкетата (обекти)

На фиг. 2 е представена йерархичната дендрограма за клъстериране на 102 участници в анкетата.

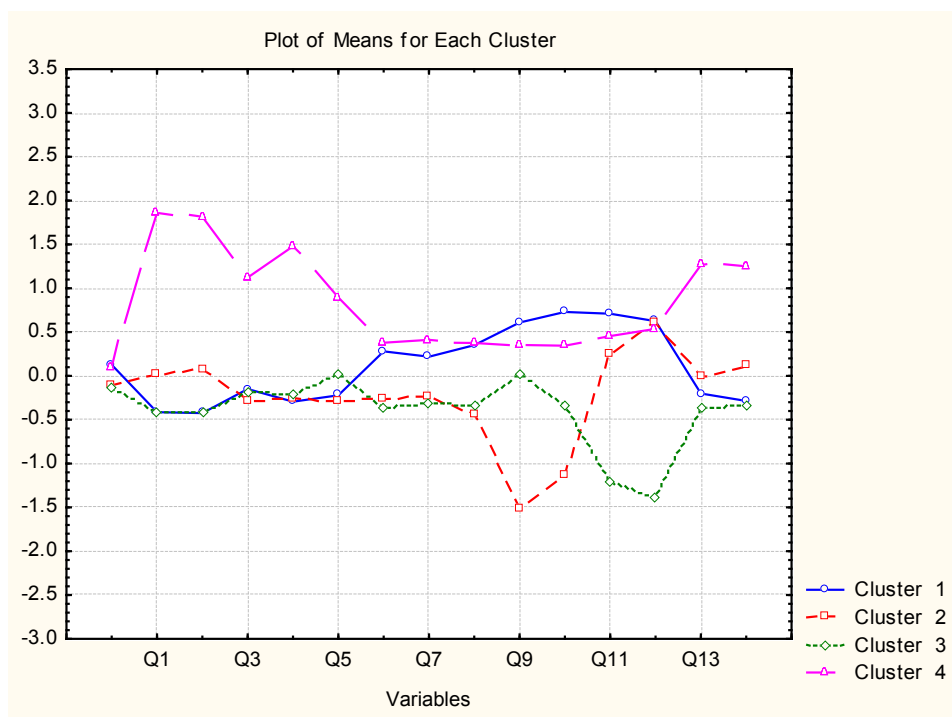


Фигура 2. Йерархична дендрограма за клъстериране на 102 участници в анкетата

Формират се четири клъстера при ниво на значимост $1/3D_{\max}$. Тези четири основни образа показват групирането на участниците в съответствие с възрастта им (най-малкият клъстер е съставен от преподаватели и доктори по химия). Има групиране и по научен опит – във втория клъстер са участници в категорията „млад учен“ – до 5 години след защита на дисертационен труд; в третия доминират участници с по-дълъг срок след защита на дисертация, а четвъртият клъстер е съставен основно от докторанти.

Връзка между клъстерите за участници и зададените въпроси чрез нейерархично клъстериране

На фиг. 3 е представена графика за средните стойности на оценката за всеки един от въпросите в анкетата за всяка една от идентифицираните групи на подобие (клъстери) от участници в анкетата (стойностите са стандартизирани, а не абсолютни).



Фигура 3. Средни стойности за всеки въпрос за всеки идентифициран клъстер (1 – 4)

Най-младите участници в проекта дават и най-високи оценки практически по всички поставени въпроси в анкетата (клъстер 4) – организационни, административни, квалификационни. Най-опитните участници в проекта (клъстер 1) също оценяват високо управлението на проекта (въпроси 6 – 12). Междинните квалификационни и възрастови групи (клъстери 2 и 3) са и най-критични, главно по отношение на формите за кандидатстване и отчетност. Може да се отчете ретроспективен фактор на сравнение с предходни подобни проекти и/или инициативи.

Анализ на главни компоненти

В таблица 1 са представени факторните тегла на всяка променлива за идентифицираните 4 фактора (главни компоненти). Тези латентни фактори обясняват 65 % от общата вариация в системата и разкриват специфичността на структурата на данните.

Таблица 1. Факторни тегла

Factor Loadings (Varimax normalized) (Quest_3z) Extraction: Principal components (Marked loadings are considered as significant)				
Variables	Factor – 1	Factor – 2	Factor – 3	Factor – 4
Age	-0.165	-0.176	0.271	0.379
Q1	0.878	-0.035	0.154	-0.019
Q2	0.792	-0.071	0.130	0.159
Q3	0.762	-0.084	0.004	0.404
Q4	0.781	0.056	-0.132	0.002
Q5	0.680	0.018	-0.265	0.450
Q6	0.060	0.247	0.220	0.626
Q7	0.107	0.343	0.073	0.608
Q8	0.086	0.700	0.210	0.160
Q9	-0.008	0.831	-0.090	0.075
Q10	-0.010	0.870	0.138	0.024
Q11	0.187	0.237	0.876	0.065
Q12	0.185	0.052	0.898	0.092
Q13	0.573	0.167	0.228	0.178
Q14	0.534	0.061	0.093	0.103
Expl.Var %	20.8	16.2	14.5	12.8

Първият латентен фактор, обясняващ над 20 % от общата вариация на системата, съдържа високи факторни тегла за въпроси с номера 1 – 5, както и (с по-малка тежест) 13 и 14. Той може да се нарече условно „информационно-административен фактор“, тъй като обобщава оценки за

начина на информиране на участниците в проекта и някои административни изисквания към тях.

Вторият главен компонент с обяснение на над 16 % от общата вариация съдържа значими факторни тегла за въпроси с номера 8 – 10, които се отнасят за начина на финансиране и отчет на осъществените специализации от участниците в проекта. Факторът може да се нарече условно „реализация на специализации“ и определя важен елемент от целите на проекта.

Третият главен компонент обяснява още около 15 % на общата вариация и може да се нарече условно „фактор за снабдяване с реактиви и консумативи за експериментална работа и възможност за повишаване на квалификацията“ (въпроси 11 и 12).

Последният идентифициран латентен фактор включва значими факторни тегла за въпроси 6 и 7 от анкетата (обяснение на около 13 % от общата вариация на системата) и условното му название (поради характера на съответните въпроси от анкетата) е „фактор за ползата от финансиране и участие на научен форум“.

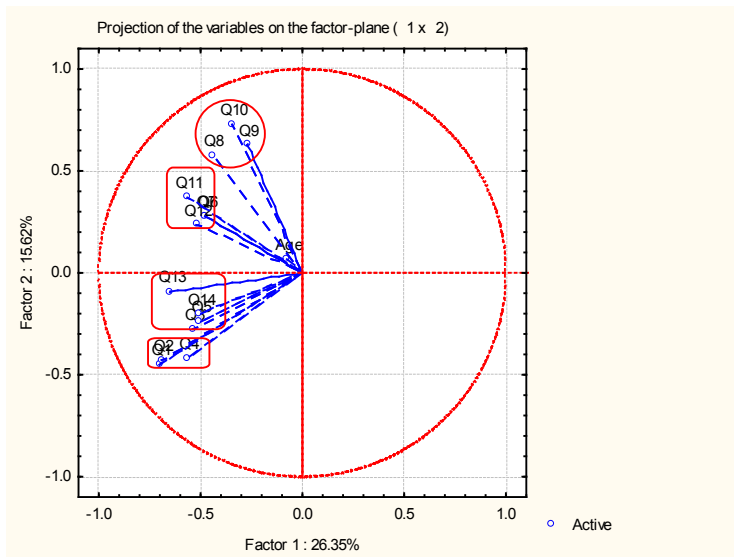
Особено място в анкетната система заема диапазонът на фактора „възраст“, който не показва значимо факторно тегло в нито един от идентифицираните латентни фактори. Това е индикация за индиректната връзка на променливата „възраст“ с начина на оценяване на основните фактори, разкрити от анализа. Възрастта според този многовариационен анализ не е непременно свързана с някой от основните оценъчни фактори – административно-информационен, финансов или квалификационен.

На фиг. 4 е посочена тази специфичност на променливата възраст, практически свързана с всички останали групи от въпроси от анкетата, групирани в 4 латентни фактора.

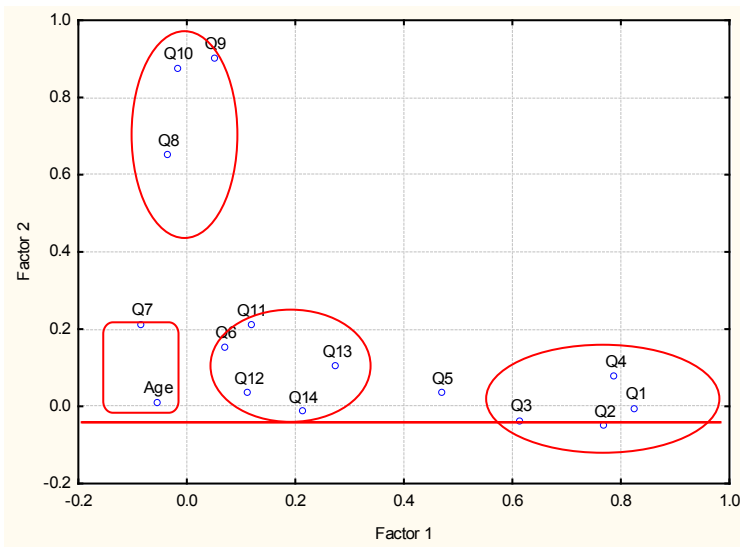
Допълнителна илюстрация за връзките между променливите и идентифицираните фактори е представена на фиг. 5.

Единствената значима разлика между двете графични изображения е позицията на променливата „възраст“ – на фиг. 4 тя се свързва с всички останали променливи и не определя специфичност на възрастовия показател, докато на фиг. 5 корелира с въпрос 7 (логична корелация на показателя „възраст“ при оценка на възможността за създаване на контакти при специализации и участие на научни форуми).

Трябва да се отбележи, че при интерпретация на резултатите от йерархично клъстериране показателят „възраст“ също не се интерпретира еднозначно – или може да се разглежда като отдалечен и независим от останалите параметри на изследването (въпроси от анкетата), или е свързан донякъде с показателя за кариерно развитие.



Фигура 4. Проекция на променливите (тегла) върху равнината на фактори 1 и 2 (анализ на главни компоненти)



Фигура 5. Графично представяне на факторните тегла за фактори 1 и 2 (факторен анализ)

Заклучение

Използваните подходи, базирани на методите на многовариационната статистика, се явяват надежден инструмент за оценка на общата активност в рамките на настоящия проект, тъй като идентифицират и интерпретират важни взаимни корелации между участниците, тяхната възраст и квалификация при осъществяване на работната програма на проекта във връзка с проблеми като организация, задачи по квалификация, мобилност, финансиране и лична удовлетвореност от участие в различните дейности и период от кариерата. Прилагането на модерни методи за обработка на данни е допълнително предимство за обектна интерпретация на резултатите от анкетното изследване и може да послужи като модел за изграждане на стратегия при развитие на подобен тип системи с динамичен характер на натрупване на компоненти за знание и умения в интервал от 30 месеца. Времовата рамка, поставена и обобщена с анкетните проучвания, проследява добре динамичната промяна по време на развитието на системата (участник) в избрания период. Подобен тип изследвания би трябвало да имат итеративен периодичен характер за повечето университети.

REFERENCES

- Massart, D.L. & Kaufman, L. (1983). *The interpretation of chemical analytical data by the use of cluster analysis*. New York: J. Wiley and Sons.
- Massart, D.L., Vandeginste, B.G., Buydens, L.M.C., De Jong, S., Lewi, P.J. & Smeyers-Verbeke, J. (1998). *Handbook of chemometrics and quality metrics: part A*. Amsterdam: Elsevier.
- Pancheva, I., Nedyalkova, M., Petkov, P., Alexandrov, H. & Simeonov, V. (2018). Adaptation of education to the day after. *Chemistry*, 27, 197 – 207 [In Bulgarian].
- Pancheva, I., Nedyalkova, M., Kirilova, S., Petkov, P. & Simeonov, V. (2019). Principles of the career development of the young scientist. *Chemistry*, 28, 287 – 294 [In Bulgarian].

GENERAL ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF ACTIONS FOR ACHIEVING OPTIMAL TRAINING ENVIRONMENT, RESEARCH, INNOVATION AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF HUMAN CAPITAL IN THE CHEMICAL SCIENCES SPHERE

Abstract. The present study aims to present as an inquiry the results of the general assessment of the organization, financing and the results obtained by the

realization of the work program activities within the project frames. The participants (totally 102) gave response to totally 14 questions from an inquiry resuming basic activities of the work program for the duration of the project. The responses were presented in an evaluation scale with marks from 1 to 5 covering the whole aspect of assessment starting with “completely approve” till “not approve”. The digital assessment of each participant to each of the questions were treated, classified, and interpreted by the use of two traditional methods of the multivariate statistics, namely cluster analysis and principal components analysis. Specific relationships between the objects of the study (inquiry participants) as well as between the type of inquiry questions (variables for each participant) are found and discussed in the manuscript such as age and qualification characteristics. On a whole the basic activity within the frames of the project is assessed very positive as critical remarks are also involved as useful element for performing other European projects targeting young scientists and PhD students.

Keywords: training school; European operational program; final report

✉ **Prof. V. Simeonov (corresponding author)**

Department of Analytical Chemistry

University of Sofia

1, James Bourchier Blvd.

1164 Sofia, Bulgaria

E-mail: VSimeonov@chem.uni-sofia.bg