

ГРАФИЧНО ТРИ ФАКТОРНО ПРЕДСТАВЯНЕ ПРИ АНАЛИЗА И МНОГОКРИТЕРИАЛНАТА ОПТИМИЗАЦИЯ, ПРИЛОЖЕНО ЗА ЗАДАЧИ ОТ ОБЛАСТТА НА МАТЕРИАЛОЗНАНИЕТО

Николай Тончев, Николай Христов, Виктор Георгиев, Величко Мачев
tontchev@vtu.bg, n_d_hristov@vtu.bg, viktor_georgiev22@abv.bg, vm1986@abv.bg

**Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”,
София, 1574, ул. "Гео Милев" 158
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ**

Ключови думи: Еднокритериална оптимизация, Многокритериална оптимизация, Фрезуване.

Резюме: Настоящото изследване има за цел да адаптира и приложи съществуваща идея при анализа и оптимизацията на производствения процес фрезуване, описан чрез събрана база от данни. Изследването допълва чрез еднокритериална и многокритериална оптимизация цитираният пример с нова неустановена полезна информация. Приносът на това изследване, е че по нов начин се доказват съществуващи очевидни твърдения за производствен процес с широко приложение.

Настоящото изследване има за цел да адаптира и приложи съществуваща идея при анализа и оптимизацията на производствения процес фрезуване, описан чрез събрана база от данни. Изследването допълва чрез еднокритериална и многокритериална оптимизация цитираният пример с нова неустановена полезна информация. Приносът на това изследване, е че по нов начин се доказват съществуващи очевидни твърдения за производствен процес с широко приложение.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

При управлението на технологични процеси [6] се прилагат функции за идентифициране и анализиране на различни стратегии, които оптимизират съответните производствени режими с цел да се намалят свързаните с тях разходи. Стратегиите на числения анализ подпомагат процеса на формулирането на нови корелации в системата параметри-свойства между големи, хетерогенни бази от данни. Нови практически примери, изчислителни инструменти и софтуерен анализ са от полза за бързото идентифициране на решенията. Един широкообхванат стратегически подход е подходът към експерименталното проектиране [4], [3]. Той идентифицира целите при използване на експерименти за обекта на изследването и уточнява практически съображения, които управляват проектирането. Проведеният физически или симулационен експеримент спомага при вземането на решения, изпълнението и обсъждането на концепции, които служат за основа на всички изводи.

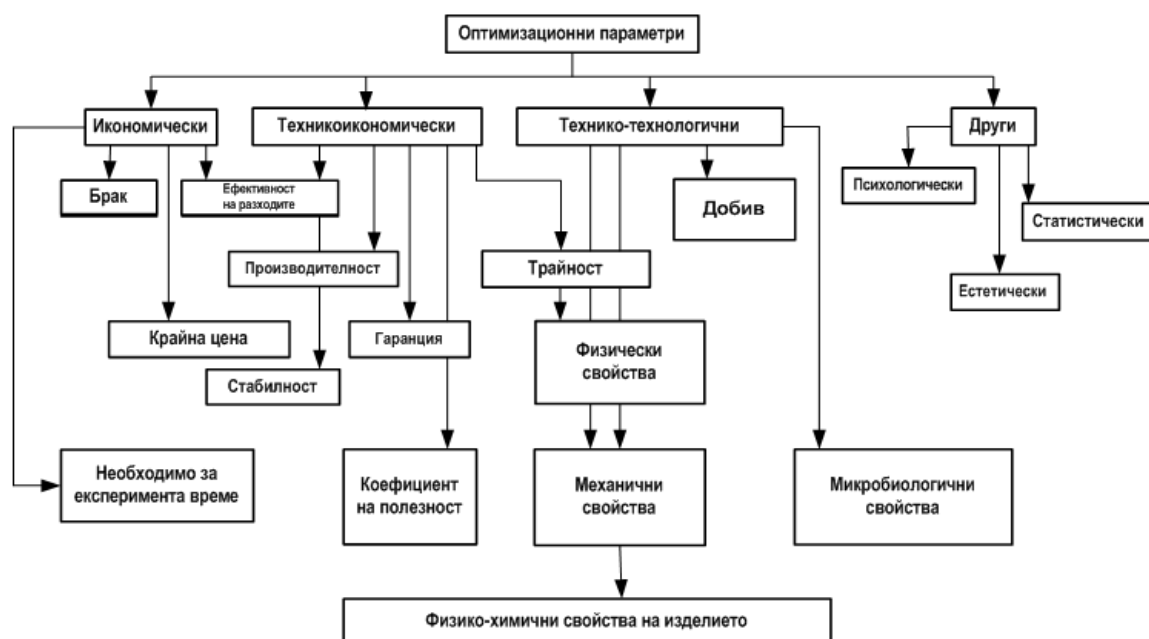
В областта на материалознанието очертаната по-горе тематика се използва, както при синтеза /моделиране/ на нови материали, така и при уточняване на режимите при тяхното обработване [1]. Тези нововъзникващи приложения на изследване, както по природа, така и по основа, са утвърдена научна област, заедно с концепциите и техниките, които ги определят. Растежът на изчислителната мощност и комуникациите въвежда пред подобни дейности в други изисквания, едно от които е създаване на предложения за приятелски настроени системи при вземането на определени решения.

2. ЦЕЛ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Настоящото изследване има за цел да адаптира и приложи съществуваща идея при анализа и оптимизацията на производствения процес фрезуване, описан чрез събрана база от данни [2]. Изследването допълва чрез еднокритериална и многокритериална оптимизация цитираният пример с нова неустановена полезна информация. Приносът на това изследване, е че по нов начин се доказват съществуващи очевидни твърдения за производствен процес с широко приложение.

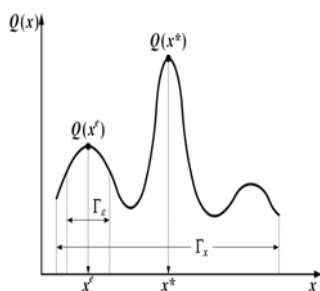
3. ПОСТАНОВКА НА ЗАДАЧАТА

В областта на техниката и в частност на материалознанието решаваните проблеми са многокритериални. На фиг.1 са представени множеството от целевите параметри - критериите, които съставляват ефективността от всяка експертна дейност. За осъществяването на тази дейност е необходимо изследване с планиран физически или стимулационен експеримент с цел апроксимация на изследвани величини, което води до съставяне на адекватни регресионни или невронни модели.

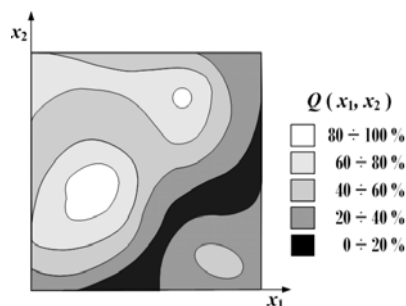


Фиг.1. Целеви параметри многокритериално изследване на комплекс от свойства [5]

Алгоритмът на етапите от експерименталното физическо или симулационно изпитване [5] При свеждането на многокритериалната задача до еднокритериална с определена обобщаваща функция и изобразяването в пространството на факторите, както е показано, че се достига до изследването на мулти модални функции. На фиг. 2 е представена еднофакторна мулти модална целева функция в общ вид, която ако се трансформира примерно за два фактора с помощта на линиите с постоянно ниво, като може да придобие вида, показан на фиг.3.

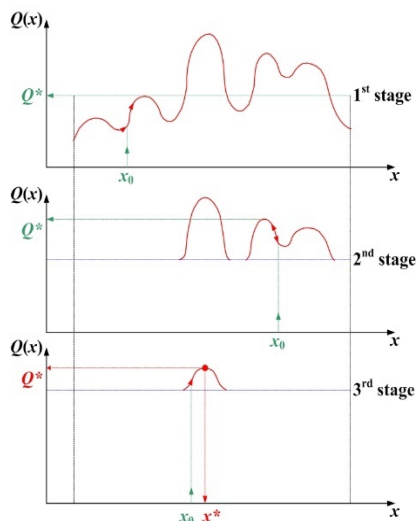


Фиг.2. Еднофакторна мулти модална целева функция в общ вид

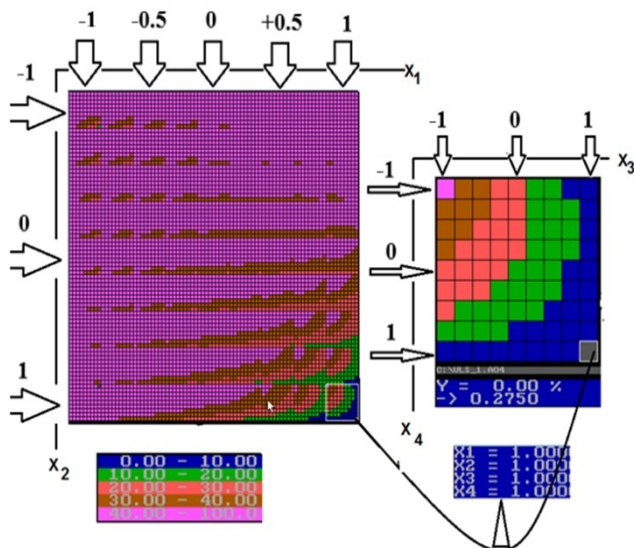


Фиг.3. Двухфакторна мулти модална целева функция

Изследването на мулти модални функции с преместващи се ограничения с цел търсене на екстремуми е подробно разгледано в [7], графично представено на фиг.4. В [8] за свойствата на покритията получени чрез процеса йонно-азотиране е приложен методът на преместващото се ограничение, като същевременно се въвеждат до пет равнини, разстоянието между които може да се променя с променлива стъпка. Това графично е представено на фиг.5.

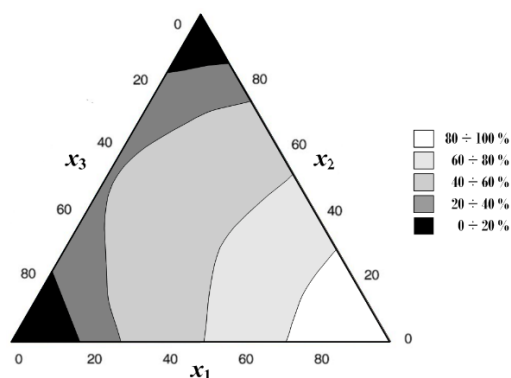


Фиг.4. Графична интерпретация на действието на едно преместващо се ограничение при еднофакторна целева функция

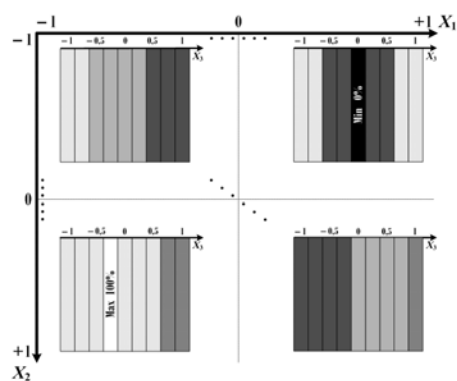


Фиг.5. Графична интерпретация на действието на пет едновременно преместващи се ограничения при четирифакторна целева функция

Едно разпространено трифакторно представяне е показаното изображение на фиг.6. В него обаче се нарушава принципа „вложено локално в глобалното“, принцип възприет от нашия екип при анализа на много факторни процеси. Ние развиваме този принцип с фактори до десет управляващи, а изображението на фиг.7 е едно частно решение, за което е намерено друго решение, което представяме тук. Решението се свежда до следното: четвъртият параметър, представен на фиг. 5, от локалната матрица се заличава и дискретизацията от квадратчета се преобразува в ленти по цялата дължина на локалното измерение. Това е показано на фиг.7.



Фиг.6. Стандартно изображение на диаграма с линии на постоянно ниво.



Фиг.7. Ново предложено трифакторно представяне, подчинено на принципа „вложено локално в глобалното“

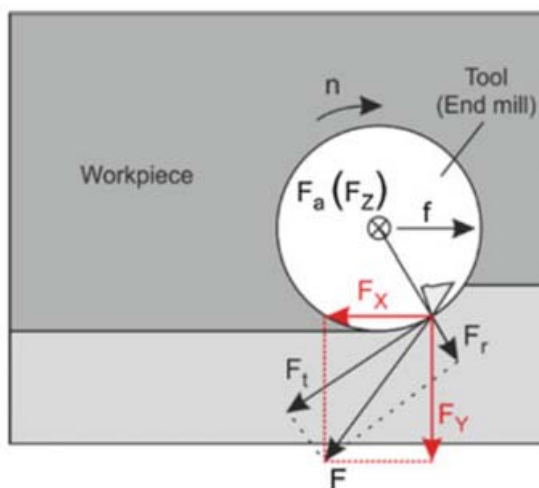
Съгласно прилаганият алгоритъм след направената дискретизация на съответния модел, се изпълняват пресмятанията по него и се определят минимума и максимума. Спрямо тях в избраната скала на оцветяване се осъществява анализа на взаимодействието между факторите. Анализът може да се извърши при няколко итерации на преместващите се ограничения. Първоначално тези ограничения могат да се разположат около минимума и да се определят едни влияния, които след това да се прецени дали те се потвърждават или не, когато преместващите се ограничения се разположат около максимума.

При съставянето на многокритериална задача за изследване на комплекс от свойства при определената дискретизация за съответните критерии и спрямо техните идентификатори се построява обобщено графично представяне. Получаването на конкретното решение се определя итеративно чрез разположението (стесняването или раздалечаването) на преместващите се ограничения. Този подход е доказал своята работоспособност [7], но тук той е приложен за три фактора.

4. ПРИЛОЖЕНИЕ НА ПОДХОДА ЗА ЗАДАЧА, СВЪРЗАНА С НАПРЕЧНОТО ФРЕЗУВАНЕ.

Проведен е експеримент с напречно фрезование [2], който е описан в табл. 1.

На фиг.8 е показана схемата на процеса фрезуване с отбелязани някои от целевите фактори, свързани със силите нарязане.



Фиг.8. Входни и изходни параметри, определени за режима на напречно фрезуване.

Таблица 1

№	Vc [m/min] X ₁	X ₁ кодирано	t [mm] X ₂	X ₂ кодирано	S _z [mm/z] X ₃	X ₃ кодирано	T [°C]	F _t [N]	Fr [N]
1	53.18	-1	1.75	0.003953	0.125	0.034483	721	512	396
2	70	0	1.75	0.003953	0.08	-1	768	408.8	292
3	70	0	0.48	-1	0.125	0.034483	685	159.5	153
4	70	0	1.75	0.003953	0.125	0.034483	775	491.7	415
5	70	0	1.75	0.003953	0.125	0.034483	766	499	379
6	80	0.59453	1	-0.58893	0.15	0.609195	723	301.8	260
7	70	0	1.75	0.003953	0.125	0.034483	762	489.4	390
8	70	0	1.75	0.003953	0.167	1	730	558.3	435
9	80	0.59453	1	-0.58893	0.1	-0.54023	741	189.2	162
10	70	0	3.01	1	0.125	0.034483	785	843.9	620
11	70	0	1.75	0.003953	0.125	0.034483	769	486	392
12	80	0.59453	2.5	0.596838	0.15	0.609195	798	701.7	501
13	86.82	1	1.75	0.003953	0.125	0.034483	803	441.7	392.7
14	60	-0.59453	1	-0.58893	0.1	-0.54023	717	293.5	173.1
15	80	0.59453	2.5	0.596838	0.1	-0.54023	785	670	453
16	70	0	1.75	0.003953	0.125	0.034483	776	521.8	400
17	60	-0.59453	2.5	0.596838	0.1	-0.54023	759	759.7	436
18	60	-0.59453	1	-0.58893	0.15	0.609195	674	347.1	270
19	70	0	1.75	0.003953	0.125	0.034483	772	512.3	424.1
20	60	-0.59453	2.5	0.596838	0.15	0.609195	758	813.6	495.4
min	53.18	-1	0.48	-1	0.08	-1			
mean	70	0	1.745	0	0.1235	0			
max	86.82	1	3.01	1	0.167	1			
max-mean	16.82		1.265		0.0435				

Табл.2. Описание на моделите за температурата на повърхността на режещата част на инструмента, големината на тангенциалната и радиалната сили

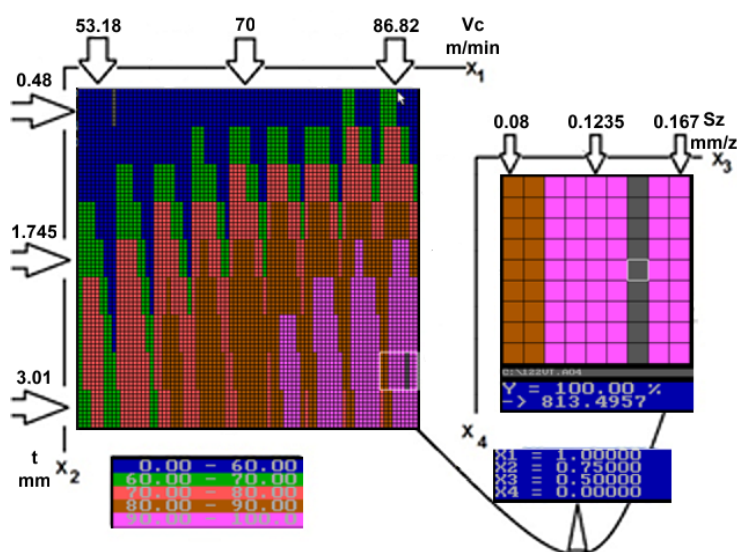
	T [°C]	F _t [N]	Fr [N]
b ₀	770.180	496.625	397.194
b ₁ *X ₁	33.4502	-57.842	0.34409
b ₂ *X ₂	49.8821	366.598	223.756
b ₃ *X ₃	-13.3645	65.2122	71.4360
b ₄ *X ₁ ²	-10.1222	-11.0207	-29.6565
b ₅ *X ₁ *X ₂	-2.51516	-19.6329	13.6346
b ₆ *X ₁ X ₃	14.6064	12.0634	-5.48342
b ₇ *X ₂ ²	-36.9005	15.3149	-36.5169
b ₈ *X ₂ X ₃	27.5284	-28.6631	-31.9417
b ₉ *X ₃ ²	-22.9001	-5.01626	-55.3772
R	0.9894	0.9948	0.9870
Fcal>Ftabl	51.4061 > 3.0204	105.8979 > 3.0204	41.9626 > 3.0204

Анализът на моделите с описани коефициенти в табл. 2, извършен по-долу е осъществен с развития в тази статия подход. На фиг. 9 е посочено разпределението на

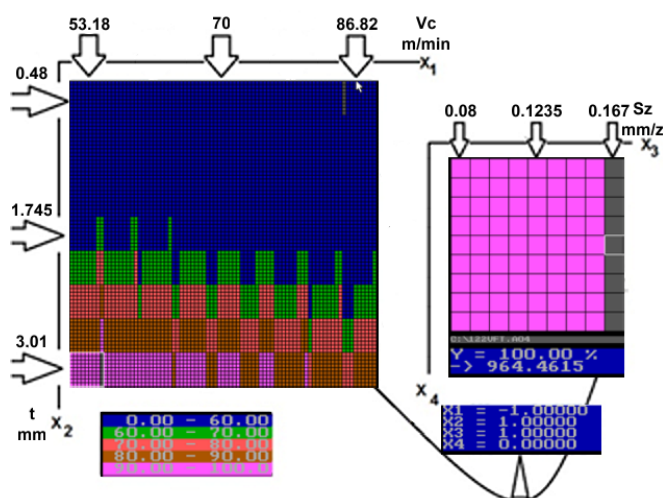
температурата в зависимост от режима на обработване, като е фиксирани технологичните параметри на максималната температура. Напълно логично е изобразеното състояние на тази фигура. Температурата на инструмента при обработване расте с нарастването на скоростта на рязане, дълбочината на рязане и подаването.

На фиг.10 е показано разпределението на стойностите на радиалната сила в зависимост от режима на обработване. Максималната стойност на радиалната сила се среща при минимална стойност на скоростта на рязане, максимална дълбочина и подаване.

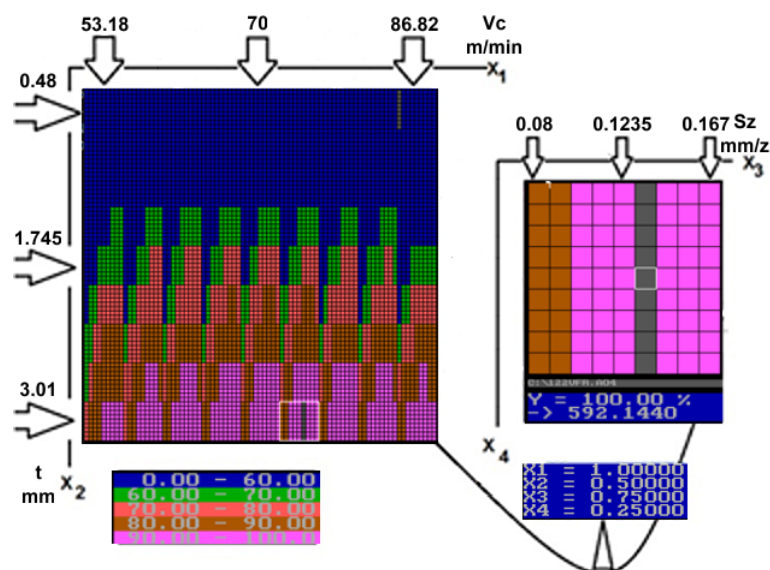
На фиг.11 е изобразено разпределение на стойностите на тангенциална сила в зависимост от режима на обработване. При всички до сега, разгледани изходни параметри максималните стойности са свързани с максималната дълбочина на рязане. Така е и при радиалната сила.



Фиг. 9 Разпределение на температурата в зависимост от режима на обработване.

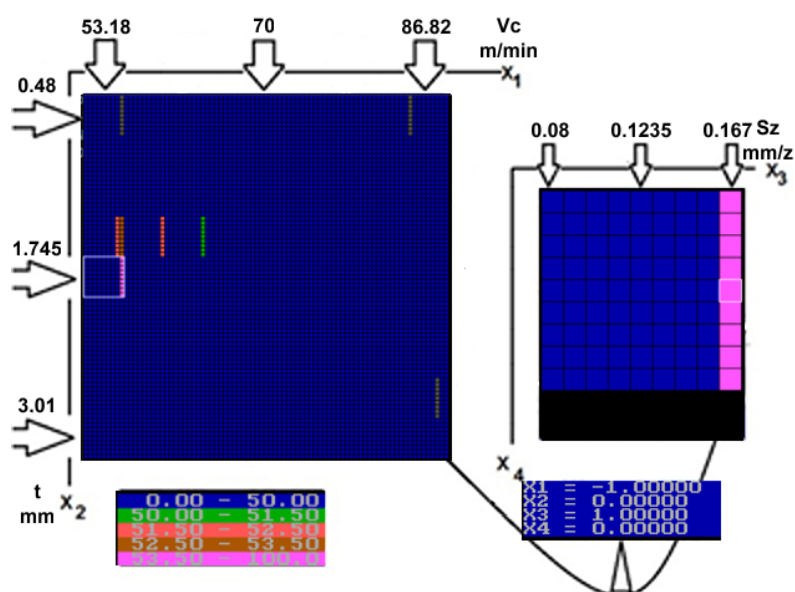


Фиг.10 Разпределение на стойностите на радиалната сила в зависимост от режима на обработване.



Фиг.11. Разпределение на стойностите на тангенциална сила в зависимост от режима на обработване

Приложение на многокритериално решение към този казус, отнасящ се до относително производителни режими, свързани с удължаване живота на инструмента. Това е изобразено на фиг.12. Конкретното компромисно решение се получава при скорост на рязане $V_c = 53.16$ m/min, дълбочина на рязане $t = 1.745$ и подаване $S_z = 0.167$ mm/z.



Фиг. 12. Режим с относителна висока производителност и най-голяма дълготрайност

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Bozzolo G., Noebe R.D., Abel P.B. (eds) Applied computational materials modeling. Theory, simulation and experiment, Springer Science, 2007, 507 pp.
- [2] Davim J.P. Design of Experiments in Production Engineering Cham; Heidelberg; New York; Dordrecht; London: Springer, 2016.-IX, 196 p.

- [3] Dean A., D. Voss, D. Draguljic, Design and Analysis of Experiments – Springer, 2017-847 p., Boudreau N.S. Statistics for Engineering and the Sciences CRC Press, 2016. - 1182p. 6th.ed.
- [4] Dean A., Morris M., Stufken J., Bingham D. (Eds.) Handbook of Design and Analysis of Experiments Taylor & Francis Group, 2015.-946 p.
- [5] Lazić Živorad R. Design of Experiments in Chemical Engineering. A Practical Guide WILEY-VCH Verlag GmbH&KGaA, Weinheim, 2004, 610 p
- [6] Rajan K. Informatics for Materials Science and Engineering, Data-driven Discovery for Accelerated Experimentation and Application. — 1st Edition. – Elsevier, 2013. 544 p.
- [7] Stoyanov, S.K. Methods and algorithms for fast convergence. Sofia: Thesis for D Sc, Chemical Technology and Metallurgy, 1990 (In Bulgarian).
- [8] Tontchev, N.T., Zumbilev, A.P., Yankov, E.H., Zumbilev, I.A., Analysis of multiple indicators of ion nitrided layers of bh11 steel, Key Engineering Materials, 2021, 902 KEM, pp. 21–27.

GRAPHIC THREE-FACTOR REPRESENTATION IN THE ANALYSIS AND MULTICRITERIA OPTIMIZATION, APPLIED TO PROBLEMS IN THE FIELD OF MATERIALS SCIENCE

Nikolay Tontchev, Nikolay Hristov, Viktor Georgiev, Velichko Machev
tontchev@vtu.bg, n_d_hristov@vtu.bg, viktor_georgiev22@abv.bg, vm1986@abv.bg

Todor Kableshkov University of Transport
1574 Sofia, 158 Geo Milev Str.
THE REPUBLIC OF BULGARIA

Key words: Single-criterion optimization, Multi-criteria optimization, milling production process.

Abstract: The present research aims to adapt and apply an existing idea in the analysis and optimization of the milling production process described by a compiled database. The research complements the cited example with single-criterion and multi-criteria optimization with new unidentified useful information. The contribution of this research that in a new way existing obvious claims about a production process with wide application are proved.