

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ШЛАКА ПАВЛОДАРСКОГО ФИЛИАЛА ТОО «КАСТИНГ» С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА.

К.Ш. Арынгазин¹, В.И.Карпов² и К.М.Акишев³.

*¹ Директор ТОО «Экостройнии-ПВ»,
Казахстан, 140000, Павлодар, ул., Камзина 64, кв. 45.*

*² Московский государственный университет технологии и управления имени К.Г.Разумовского,
Russia117570, Москва, Днепропетровская 25, корпус 2, к.122.*

*³ Павлодарский государственный университет им.Торайгырова,
Kazakhstan 140008, Павлодар, ул.Ломова 64, тел. +7(7182)687572.*

K.Sh. Aryngazin¹, V.I. Karpov² and K.M. Akishev³.

*¹ LLP "Ecostroyinii-PV"
Kazakhstan 140000, Pavlodar, Kamzin St. 64, ap 45.*

*² K.G.Razumovsky Moscow State University of Technology and Management,
Russia117570, Moscow, Dnepropetrovskaya 25, building 2, 122.*

*³ S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Kazakhstan 140008, Pavlodar, Lomov Street, 64, tel. +7 (7182) 687572.*

Аннотация. В статье рассмотрены использование методов кластерного анализа для оценки качества металлургического шлака ПФ ТОО «Кастинг», в программном продукте «Комплексная оценка качества и классификация многомерных объектов» применены статистических методов Уорда, Тамуры С, Евклидова расстояния. В результате применения программного продукта «Комплексная оценка качества и классификация многомерных объектов» пробы металлургического шлака ,взятые с разных точек шлакоохранилища, были разделены на кластеры и получена оценка качества металлургического шлака для дальнейшего использования в строительных материалах и разработки имитационной модели технологической линии строительных изделий .

Abstract. The article discusses the use of cluster analysis methods for assessing the quality metallurgical slag Pavlodar brunch LLP "Casting", methods of Ward, Tamura S, Euclidean distance were used in the software product "Comprehensive quality assessment and classification of multidimensional objects". As a result of the application of the software product "Comprehensive quality assessment and classification of multidimensional objects", samples of metallurgical slag, taken from different points of the slag depository, were divided into clusters and the quality of metallurgical slag was evaluated for further use in building materials.

Ключевые слова: Системный анализ, методы кластерного анализа, показатели качества шлака, статистическая оценка, многомерный объект исследования, статистические методы.

Key word: System analysis, cluster analysis methods, slag quality indicators, statistical evaluation, multidimensional object of study, statistical methods.

1.Введение

ПФ ТОО «Кастинг» металлургическое предприятие занимающееся производством продукции проката из скраба (металлургический лом). ПФ ТОО «Кастинг», как и другие металлургические предприятия Павлодарской области ежегодно отправляет в шлакоотвалы сотни тонн техногенного отхода металлургического шлака. С целью использования техногенных отходов ПФ ТОО «Кастинг» для производства строительных материалов были сделаны контрольные пробы образцов металлургических шлаков в различных точках шлакоотвалов для определения модуля основности M_k и коэффициента качества K с использованием статистической оценки качества металлургического шлака методами кластерного анализа . Результаты проб включены в таблицу №1.

Актуальность исследования заключается:

- в оценке качества техногенного отхода металлургического шлака с целью дальнейшего использования в строительных материалах;

-в решение экологических проблем утилизации техногенных отходов;

-в улучшение экологической обстановки в Павлодарском регионе.

Новизна исследование заключается:

-в применении методов кластерного анализа для оценки качества техногенных отходов металлургического шлака;

-получении достоверных статистических оценок качества металлургического шлака благодаря использованию программного продукта «Комплексная оценка качества и классификация многомерных объектов».

1.Материалы и методы исследования

Полученные пробы с шламовых полей ПФ ТОО «Кастинг» были внесены в таблицу 1.

**ПРОБЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ШЛАКА ПФ ТОО «КАСТИНГ» С РАЗЛИЧНЫХ ТОЧЕК
ШЛАКОВОГО ОТВАЛА.**

№ п/п	Номер шлакоотвала	Номер контрольной точки	Номер пробы (плавки)	НД на материал	Химический состав, %									Примечание
					Fe _б	Si O ₂	Al ₂ O ₃	Ca O	Mg O	Mn O	S	осн	Σ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1811	6945	29275 1	отс	3,9	24,9	0,5	46,0	9,2	4,0	0,4	1,8	90,0	АКП -1
2	1811	6946	29275 2	отс	5,4	23,9	0,7	49,0	7,2	3,2	1,2	2,1	90,7	АКП -1
3	1811	6947	29275 3	отс	3,7	26,5	0,6	50,2	9,2	3,9	0,8	1,9	94,9	АКП -1
4	1811	6948	29275 4	отс	4,9	27,1	0,6	50,9	6,8	2,9	0,8	1,9	93,9	АКП -1
5	1811	6949	29275 5	отс	4,8	23,4	0,6	47,7	7,4	4,0	0,9	2,0	88,8	АКП -1
6	1812	6950	39308 5	отс	1,7	27,4	0,6	51,1	6,6	2,4	0,8	1,9	90,5	АКП -2
7	1812	6951	39308 6	отс	2,0	27,6	0,6	51,5	6,8	2,7	0,7	1,9	91,9	АКП -2
8	1812	6952	39308 7	отс	1,4	27,8	0,5	52,7	6,2	1,9	1,0	1,9	91,4	АКП -2
9	1812	6953	39308 8	отс	5,7	26,1	0,4	49,1	9,6	3,8	0,5	1,9	95,3	АКП -2
10	1812	6954	69466 9	отс	3,1	26,8	0,6	52,4	6,8	2,5	1,0	2,0	93,1	АКП -2
11	1814	6963	29276 1	отс	0,8	25,4	1,0	55,1	6,2	1,8	1,0	2,2	91,2	АКП -1
12	1814	6964	29276 2	отс	0,3	24,0	0,4	56,3	6,6	0,9	1,0	2,3	89,4	АКП -1
13	1814	6965	29276 3	отс	0,3	26,2	0,5	58,8	6,9	0,9	1,2	2,2	94,6	АКП -1
14	1814	6966	29276 4	отс	0,7	25,8	0,4	55,6	7,8	3,1	0,5	2,2	93,8	АКП -1
15	1814	6967	29276 5	отс	0,3	24,4	0,3	56,7	7,1	1,3	0,8	2,3	90,9	АКП -1
16	18115	6968	39309 3	отс	1,5	25,4	0,6	54,4	6,8	2,8	0,4	2,1	91,9	АКП -2
17	1815	6969	39309 4	отс	1,3	27,2	0,7	52,6	6,8	2,5	0,4	1,9	91,6	АКП -2
18	1815	6970	39309 5	отс	1,4	27,1	0,7	54,1	7,1	2,7	0,4	2,0	93,5	АКП -2
19	1815	6971	39309 6	отс	0,4	25,9	0,4	53,3	6,3	1,1	1,0	2,1	88,4	АКП -2
20	1815	6972	39309 7	отс	0,5	27,8	0,5	54,7	6,3	1,0	1,1	2,0	91,9	АКП -2
21	1807	6989	29277 0	отс	0,6	26,0	0,5	58,2	7,0	1,6	1,0	2,2	94,9	АКП -1
22	1807	6990	29277 1	отс	0,4	27,2	0,6	59,5	6,8	1,1	1,2	2,2	96,8	АКП -1
23	1807	6991	29277 2	отс	0,5	29,4	0,8	52,2	7,6	1,5	1,0	1,8	93,2	АКП -1
24	1807	6992	29277 3	отс	0,2	29,0	0,4	53,4	6,9	1,5	0,8	1,8	92,1	АКП -1

25	1807	6993	29277 4	отс	0,3	30, 2	0,6	53, 3	7,5	1,5	1, 0	1, 8	94, 3	АКП -1
26	1808	6994	39310 3	отс	1,6	27, 6	0,6	54, 0	6,7	3,1	0, 7	2, 0	94, 1	АКП 2
27	1808	6995	39310 4	отс	1,6	27, 2	0,7	53, 4	6,7	3,1	0, 4	2, 0	92, 9	АКП -2
28	1808	6996	39310 5	отс	2,3	28, 8	0,4	53, 2	6,8	5,1	0, 6	1, 8	97, 1	АКП -2
29	1808	6997	39310 6	отс	1,2	27, 3	0,6	57, 0	6,3	1,7	0, 7	2, 1	94, 8	АКП -2
30	1808	6998	39310 7	отс	0,3	26, 6	0,5	59, 6	6,6	1,0	1, 2	2, 2	95, 8	АКП -2

Разработка технологических систем производства с использованием техногенных отходов металлургии, ставит требования предъявляемые к учету качества исходного сырья, а контроль, оценка и настройка параметров его обработки значительно повышает эффективность технологических систем. В связи с отсутствием каких-либо данных по модулю основности M_k и коэффициенту качества K металлургического шлака ПФ ТОО «Кастинг», для определения типовых кластеров металлургического шлака (техногенного отхода) применим методы мягких вычислений (метода кластеризации многомерных объектов)[1]. В настоящее время используется достаточно большое количество методов статистической оценки качества. В нашем исследовании мы проводили оценку с использованием программного продукта «Комплексная оценка качества и классификация многомерных объектов» используя методы Уорда, Тамуры С, Евклидово расстояние, нами были изучены работы по методам кластерного анализа и использованию методов кластерного анализа в различных сферах применения [2,3,4,5,6,7].

Исходными данными для обработки, являются результаты проб металлургического шлака(техногенного отхода) ПФ ТОО «Кастинг» таблица 1. Для обработки с целью получения более качественных результатов подвергались столбцы с номерами 6-13, следовательно, в нашем случае метрика будет состоять из восьми элементов. За основной критерий будем принимать модуль основности M_k проб, который влияет на гидравлическую активность металлургического шлака. При этом будем считать все характеристики метрики одинаково важными, при этом $M_p(i) = 1/8 = 0.125$ для любого i .

Подготовленные данные Таблицы 1. Пробы металлургического шлака ПФ ТОО «Кастинг» с различных точек шлакового отвала, были обработаны с применением программного продукта «Комплексная оценка качества и классификация многомерных объектов»[8].

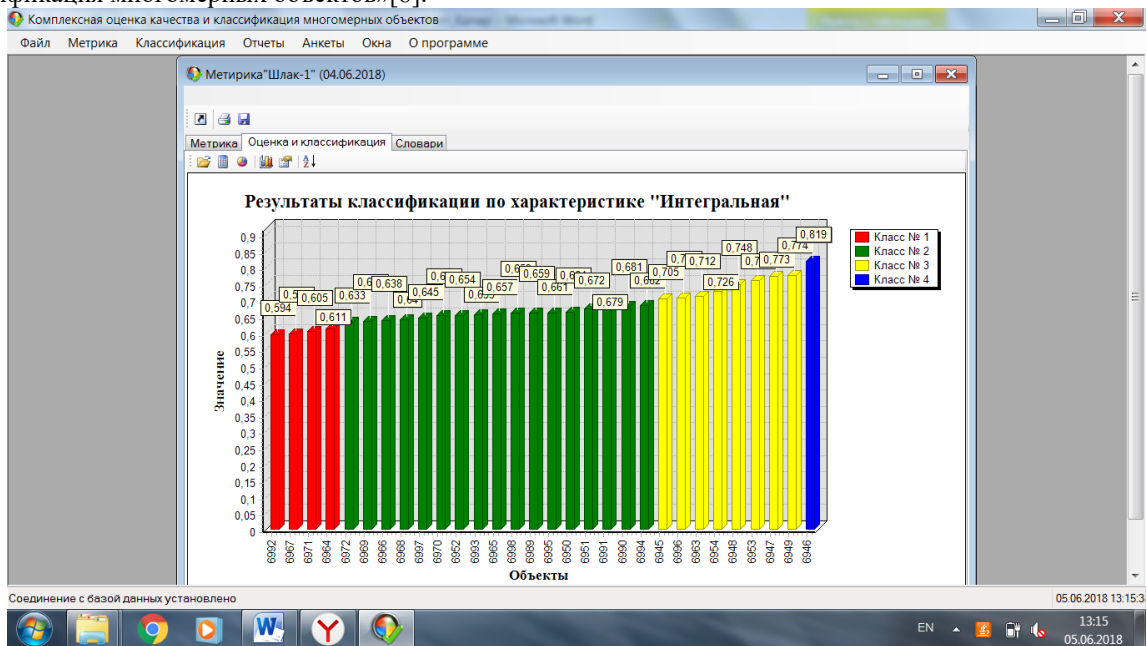


Рисунок 1. Результаты кластеризации по интегральному критерию

Как мы видим из (рис.1) в результате все объекты распределены на четыре кластера. Из файла «Результаты кластеризации» программного продукта «Комплексная оценка качества и классификация многомерных объектов» полученного применением различных методов кластерного анализа, формируем таблицу 2.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ПО КЛАСТЕРАМ.

№	Объекты	Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4
1	6992	0,59			
2	6967	0,60			
3	6971	0,61			
4	6964	0,61			
5	6972		0,63		
6	6969		0,63		
7	6966		0,64		
8	6968		0,64		
9	6997		0,64		
10	6970		0,65		
11	6952		0,65		
12	6993		0,65		
13	6965		0,66		
14	6998		0,66		
15	6989		0,66		
16	6995		0,66		
17	6950		0,66		
18	6951		0,67		
19	6991		0,68		
20	6990		0,68		
21	6994		0,68		
22	6945			0,70	
23	6996			0,71	
24	6963			0,71	
25	6954			0,73	
26	6948			0,75	
27	6953			0,76	
28	6947			0,77	
29	6949			0,77	
30	6946				0,82

В колонках класс1, класс2, класс3, класс4 для каждого объекта представлены интегральные оценки.

3. Результаты исследования.

Проведем анализ показателей объектов каждого кластера. В строке «среднее» таблицы 3 представлены средние значения показателей по первому кластеру, далее в строке «max» представлено максимальное значение показателя в кластере, в строке «min» - минимальное значение, в строке «СКО» - среднее квадратичное отклонение. Аналогично для кластеров 2 и 3(таблицы 4 и 5). В четвертом кластере только один объект – 6946(значения его показателей смотри на второй строке таблицы 1).

Таблица 3

ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ ПЕРВОГО КЛАСТЕРА

имя объекта	Feоб	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	S	осн
6992	0,2	29	0,4	53,4	6,9	1,5	0,8	1,8
6967	0,3	24,4	0,3	56,7	7,1	1,3	0,8	2,3

6971	0,4	25,9	0,4	53,3	6,3	1,1	1	2,1
6964	0,3	24	0,4	56,3	6,6	0,9	1	2,3
Среднее	0,3	25,8	0,4	54,9	6,7	1,2	0,9	2,1
МАХ	0,4	29	0,4	56,7	7,1	1,5	0,9	2,3
МИН	0,2	24	0,3	53,3	6,3	0,9	0,8	1,8
СКО	0,08	2,27	0,05	1,83	0,30	0,26	0,12	0,24

Таблица 4

ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ ТРЕТЬЕГО КЛАСТЕРА

Имя объекта	Feоб	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	S	осн
6945	3,9	24,9	0,5	46	9,2	4	0,4	1,8
6996	2,3	28,8	0,4	53,2	6,8	5,1	0,6	1,8
6963	0,3	30,2	0,6	53,3	7,5	1,5	1	1,8
6954	3,1	26,8	0,6	52,4	6,8	2,5	1	2
6948	4,9	27,1	0,6	50,9	6,8	2,9	0,8	1,9
6953	5,7	26,1	0,4	49,1	9,6	3,8	0,5	1,9
6947	3,7	26,5	0,6	50,2	9,2	3,9	0,8	1,9
6949	4,8	23,4	0,6	47,7	7,4	4	0,9	2
Среднее	3,59	26,73	0,54	50,35	7,91	3,46	0,75	1,89
МАХ	5,7	30,2	0,6	50,9	9,6	5,1	0,9	2
МИН	0,3	23,4	0,4	47,7	7,4	1,5	0,4	1,8
СКО	1,71	2,12	0,09	2,64	1,21	1,60	0,23	0,08

Таблица 5

ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ ВТОРОГО КЛАСТЕРА

Имя объекта	Feоб	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	S	осн
6972	0,5	27,8	0,5	54,7	6,3	1	1,1	2
6969	1,3	27,2	0,7	52,6	6,8	2,5	0,4	1,9
6966	0,7	25,8	0,4	55,6	7,8	3,1	0,5	2,2
6968	1,5	25,4	0,6	54,4	6,8	2,8	0,4	2,1
6997	1,2	27,3	0,6	57	6,3	1,7	0,7	2,1
6970	1,4	27,1	0,7	54,1	7,1	2,7	0,4	2
6952	1,4	27,8	0,5	52,7	6,2	1,9	1	1,9
6993	0,3	30,2	0,6	53,3	7,5	1,5	1	1,8
6965	0,3	26,2	0,5	58,8	6,9	0,9	1,2	2,2
6998	0,3	26,6	0,5	59,6	6,6	1	1,2	2,2
6989	0,6	26	0,5	58,2	7	1,6	1	2,2
6995	1,6	27,2	0,7	53,4	6,7	3,1	0,4	2
6950	1,7	27,4	0,6	51,1	6,6	2,4	0,8	1,9

6951	2	27,6	0,6	51,5	6,8	2,7	0,7	1,9
6991	0,5	29,4	0,8	52,2	7,6	1,5	1	1,8
6990	0,4	27,2	0,6	59,5	6,8	1,1	1,2	2,2
6994	1,6	27,6	0,6	54	6,7	3,1	0,7	2
Среднее	1,0	27,3	0,6	54,9	6,9	2,0	0,7	2,0
MAX	1,7	30,2	0,8	59,5	7,8	3,1	1,2	2,2
MIN	0,30	25,40	0,40	51,50	6,20	0,90	0,40	1,80
СКО	0,59	1,19	0,10	2,79	0,45	0,81	0,31	0,14

4. Заключение

В настоящей статье показана методика обработки информации о показателях качества металлургического шлака (техногенного сырья) с целью определения кластеров объектов с близкими параметрами, определяющие параметры дальнейшей обработки, характерные для каждого кластера, с применением различных методов кластерного анализа.

Анализируя полученные статистические данные металлургических шлаков ПФ ТОО «Кастинг» с использованием методов кластерного анализа, принимаем, что в пробах относящихся к 1 кластеру модуль основности M_k по значению, выше чем у проб относящимся к кластеру 2 и 3 кластеру (относятся к основным шлаки $M_k > 1$), соответственно и показатель коэффициента качества K проб выше, что повышает гидравлическую активность металлургического шлака, что позволяет нам использовать металлургические шлаки (техногенные отходы) в месте получения проб 1 кластера для производства строительных материалов с высокими качественными характеристиками. Нами были изучены и проведен анализ работ связанных с использованием металлургических шлаков (техногенных отходов) [9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19].

На результатах системного анализа работ связанных с использованием металлургических шлаков (техногенных отходов), а также полученной оценки качества металлургического шлака ПФ ТОО «Кастинг» нами были разработаны эффективные рецептуры тяжелых бетонных смесей, соответствующие требованиям ГОСТ [20,21].

Настоящая публикация осуществлена в рамках Подпроекта № APP-SSG-17/0290P «Инновационные технологии использования твердых техногенных отходов предприятий теплоэнергетики и металлургии Павлодарской области в производстве строительных материалов», финансируемого в рамках Проекта «Стимулирование продуктивных инноваций», поддерживаемого Всемирным Банком и Правительством Республики Казахстан.

Список литературы

- 1.Иванова В. Н., Карпов В. И., Сидоренко Ю. И., Жученко Н. А. Задача кластеризации генотипов в системе поддержки принятия решений при управлении персонализированным питанием, в сб. научных трудов XXI Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2018). Сборник докладов в 2-х томах. Санкт-Петербург. 23–25 мая 2018 г. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2018 г., том 2, стр. 303-307.
- 2. Дж.-О.Ким., Ч.У.Мьюллер., У.Р. Клекка и др. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. М.: Финансы и статистика. 1989.
- 3. Б.Дюран., П.Оделл. Кластерный анализ. М.: «Статистика». 1977.
- 4. Б.Г. Миркин. Методы кластерного анализа для поддержки принятия решений. 2011.
- 5. Мандель И.Д. Кластерный анализ. М.: Финансы и статистика. 1988.
- 6. Jain A., Murty M., Flynn P. Data clustering: A review // ACM Computing Surveys. -1999.-Vol.31, no.3.-Pp264-323.
- 6. Lance G.N., Willams W.T. A general theory of classification sorting strategies. 1. hierarchical system // Comp. J. -1967.-no.9.-Pp.373-380.
- 7. А.Р. Айдинян, О.Л. Цветкова. Алгоритмы кластерного анализа для решения задач с асимметричной мерой близости. Сиб. журнал. выч. мат., 2018, том 21, №2, с127-138.
- 8. «Комплексная оценка качества и классификация многомерных объектов» Свид. об офиц. регистр. прогр. для ЭВМ № 2006613936 РФ; Мышенков К.С., Карпов В.И., Гетьман В.В. – № 2006613704; Заяв. 02.11.2006; Зарегистр. 16.11.2006.
- 9. Александров С.Е., Грызлов В.С и Фараонова К.Н. Гранулированные конверторные шлаки в производстве строительного материала. Строительные материалы. -1973. №3.
- 10. Anshrif A. Saving potential and product improvement innovative technology for the manufacturing of concrete. / A. Anshrif // Betonwerk + Fertigteile Techn. – 2008. – Vol. 74. – N 4. – P. 52-55.

11. Баженов Ю.М. Способы определения состава различных видов бетона. Учебное пособие для вузов. М.: Стройиздат, 1975. - 268 с.
12. Bellman F. Activation of blast furnace slag by a new method / F. Bellmann, J. Stark // Cem. and Concr. Res. - 2009. - Vol. 39. - N 8. - P. 644-650.
13. Батдалов М.М., Гасанов, Р.И и Вишталов В.Х. Разработка технологии высокопрочных бетонов путем направленного конструирования модифицированной структуры с применением термомеханической активации // Строит, матер., оборуд., технол. XXI в. - 2004. - N 5. - С. 69.
14. Барышников В.Г. и др. Вторичные материальные ресурсы черной металлургии. В 2 т. Т2// М.: Экономика, 1986. 344 с.
15. Гиндис Я.П. Технология переработки шлаков. - М.: Стройиздат, 1991. - 280 с.
16. Мусин В.Г. Состав и свойства смешанных вяжущих на основе металлургических шлаков и полимерных добавок. // Строительные материалы. - 1991. - №2. С7-8.
17. Kodama K. Study on utilization of blast-furnace slag in Concrete Transaction of Japan Society of Civil Engineers, vol. 12, November 1981, P. p. 278-279.
18. Luxan M.P., Setolongo R and Dorrego F/ Characteristics of the slags produced in the fusion of scrap steel by electric arc furnace // Cem. And Concr. Res.: An international journal. 2000. - 30, - №4. - P. 517-519.
19. Родионов Р. Б. Инновационные нанотехнологии для строительной отрасли / Р. Б. Родионов // Строит. матер., оборуд., технол. XXI в. - 2006. - N 10. - С. 57-59.
20. ГОСТ 25192-2012. Бетоны. Классификация и общие требования.
21. ГОСТ 10180-2012. Методы контроля прочности по контрольным образцам.