

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В ЭКОНОМИКЕ

УДК 658.5.011.56

JEL C02

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА TOPSIS ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВА ОТДЕЛЬНЫХ СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ РФ

Кумратова Альфира Менлигуловна¹, д-р экон. наук, доц.

Клинцевич Роман Иванович¹, канд. экон. наук

Василенко Игорь Иванович², канд. с.-х. наук, доц.

Романюк Анна Сергеевна², маг.

¹ Северо-Кавказская государственная академия, ул. Ставропольская, 36, Черкесск, Россия, 369000; e-mail: kumratova55@yandex.ru

² Кубанский государственный аграрный университет, ул. Калинина, 13, Краснодар, Россия, 350044; e-mail: romanyuk2704@yandex.ru

Предмет: в 2022 году Россия столкнулась с сокращением импорта полимерных изделий в условиях санкционного давления. Возникла необходимость ускоренного развития производства пластмассовой продукции, являющегося стратегически важной отраслью российской промышленности. Однако, как и любая промышленная деятельность, выпуск полимерной продукции оказывает негативное влияние на экологию, производя выбросы в окружающую среду. По этой причине для проведения диагностики и выявления тенденций в качестве предмета исследования в данной работе выступают федеральные округа Российской Федерации, на территории которых расположены заводы по производству пластмассовых изделий. *Цель:* используя официальные статистические данные по производству пластмассовой продукции в разрезе федеральных округов (ФО) Российской Федерации за период 2020-2024 гг., по объему производства определить округа, которые больше всего загрязняют окружающую среду. *Дизайн исследования:* в данной работе в качестве материала для исследования были использованы официальные статистические данные по производству пластмассовых изделий за период 2020-2024 гг. Анализ данных выполнен методом TOPSIS, который позволяет ранжировать альтернативы на основе их близости к идеальному решению. *Результаты:* по итогам, полученным в ходе проведения анализа с применением метода TOPSIS, было выполнено грейдирование альтернатив с выявлением идеальных и худших решений для определения активных

федеральных округов, загрязняющих окружающую среду. Согласно результатам исследования такими округами являются Центральный, Приволжский и Северо-Западный федеральные округа, остальные ФО меньше наносят экологический ущерб.

Ключевые слова: метод TOPSIS, многокритериальная оценка, анализ данных, нормализация, стандартизация, дифференциация, ранжирование, тенденция, производство пластмассовых изделий, загрязнение окружающей среды.

DOI: 10.17308/meps/2078-9017/2025/7/21-35

Введение

Производство пластмассовой продукции является одним из осуществляемых видов промышленного производства на территории Российской Федерации. Оно играет одну из ключевых ролей в экономике страны, обеспечивая сырьевую базу для таких стратегически важных отраслей, как машиностроение, строительство, медицина, пищевая промышленность и упаковочная индустрия [1]. В условиях глобализации и технологического развития спрос на полимерные материалы продолжает расти, что обусловлено их универсальностью, долговечностью и экономической эффективностью. Однако введение в 2022 году международных санкционных ограничений, направленных на Россию, создало дополнительные вызовы для отечественной полимерной промышленности, потребовав ускоренного развития импортозамещающих производств и поиска новых решений в области сырьевого обеспечения и технологий переработки. В связи с этим необходимо проводить анализ динамики производства пластмассовой продукции с целью оценивания не только текущего состояния отрасли и прогнозирования ее дальнейшего развития в контексте экономической стабильности и импортозамещения, но и для организации системного мониторинга экологической нагрузки, поскольку объемы выпуска полимерной продукции на прямую коррелируют с уровнем негативных выбросов в окружающую среду, которые выделяются из-за полного, либо частичного несоблюдения правил обеспечения экологичного производства, в результате чего может страдать как сам человек, так и меняться климат [3]. Такой комплексный подход позволяет:

1. Выявлять экологические риски на ранних стадиях производственного цикла.
2. Разрабатывать меры по снижению негативного воздействия в соответствии с принципами устойчивого развития.
3. Формировать научно обоснованные нормативы для предприятий отрасли.

Методы и результаты исследования

Для выполнения интегральной оценки объема производства в федеральных округах РФ есть несколько подходящих методов:

– Метод SAW (Simple Additive Weighting). Представляет собой классический подход к решению многокритериальных задач ранжирования альтернатив. Его ключевыми особенностями являются принцип аддитивной агрегации нормализованных значений критериев и учет весовых коэффициентов значимости параметров. Считается наиболее простым и удобным методом [5].

– Метод TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution). Является техникой рейтингового выстраивания на основе рассчитанной относительной близости к «идеальному» решению. Подходит для задач, имеющих числовые критерии и четко определенные весы, а также для задач, в которых важна объективность и скорость анализа.

В рамках данной работы был применен метод TOPSIS, созданный в 1981 г. Чинг-Ло Хвонгоми Кунгсун Юном¹, т.к. он при помощи относительной близости позволяет получить более точную оценку.

Вопросам реализации и совершенствования метода TOPSIS и многокритериальной оптимизации для оценки производства отдельных секторов экономики России посвящены труды отечественных ученых: С.В. Голованова, Е.В. Креховец [1], П.В. Демидовский [2], Л.В. Дуканич, Е.А. Кувшинова [3], Е.И. Лазарева, Ю.В. Гаврилова [5], М.Г. Мамедова, З.Г. Джабраилова [6], Е.В. Попова, Н.В. Третьякова, М.И. Попова [7], Е.В. Оленская, С.С. Григорьев, Д.Г. Кресов, Д.Е. Богомолов [8], И. Сеидова, Л. Мамедова [10], Р.А. Темирджанов [11], В.Г. Чаплыгин, В.Н. Мороз [12] и др.

Материалом для проведения исследовательских работ послужили статистические данные с нарастающим итогом. Источником является Федеральная служба государственной статистики России. Данные содержат в себе информацию о фактической производственной себестоимости остатка продукции, прошедшей все стадии, предусмотренные технологическим процессом, а также изделий, укомплектованных, прошедших испытания и техническую приемку и сформированы за период с января 2020 г. по сентябрь 2024 г. по двум признакам: классификатор видов экономической деятельности (ОКВЭД2) и классификатор объектов административно-территориального деления (ОКАТО).

Для проведения исследования отобранных данных методом TOPSIS в первую очередь определены критерии и альтернативы.

Набором критериев «А» является ОКВЭД2. Ниже, в таблице 1, представлены выбранные классификаторы, и каждому классификатору назначен свой код для удобства представления данных на следующих этапах анализа.

¹ Демидовский П.В. Сравнительный анализ методов многокритериального принятия решений: ELECTRE, TOPSIS и ML-LDM // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям, 2020, с. 234-237.

Таблица 1
Наименования критериев

Классификатор	Код
Производство пластмасс и синтетических смол в первичных формах	P1
Производство изделий из пластмасс	P2
Производство пластмассовых плит, полос, труб и профилей	P3
Производство пластмассовых изделий для упаковывания товаров	P4
Производство пластмассовых изделий, используемых в строительстве	P5
Производство прочих пластмассовых изделий	P6
Производство прочих изделий из пластмасс, не включенных в другие группировки, кроме устройств пломбировочных из пластика	P7

В качестве набора альтернатив «В» выступают федеральные округа Российской Федерации. Стоит отметить, что не все федеральные округа имеют на своей территории полный список вышеперечисленных видов промышленной деятельности.

В таблице 2 приведены исходные данные, необходимые для выполнения анализа.

Как видно из таблицы 2, в представленных данных у некоторых федеральных округов отсутствуют данные по некоторым классификаторам.

Согласно данным из интернет-источника «База данных ЕГРЮЛ онлайн» у вышеупомянутых федеральных округов в периоды, по которым в таблице 2 отсутствуют данные, были и есть предприятия, на сегодняшний день занимающиеся соответствующим видом деятельности, однако, возможно, до 2024 г. больше они всего ощутили введенные санкционные ограничения, в связи с чем мог возникнуть дефицит сырья, комплектующих, оборудования, могла появиться необходимость перестройки логистических цепочек, перестройки рынков, и в связи с чем, возможно, было недостаточно статистических данных [4, 7, 9]. Для анализа по данным федеральным округам вместо пропусков будет условно принято значение «0».

Таблица 2
Исходные данные в динамике за период 2020-2024 гг.

Округ/код	2020				2021			
	январь-март	январь-июнь	январь-сентябрь	январь-декабрь	январь-март	январь-июнь	январь-сентябрь	январь-декабрь
P1								
Центральный федеральный округ	2 872 050	2 706 751	2 820 011	2 593 441	3 029 859	3 360 632	3 255 739	3 114 773
Северо-Западный ФО	790 304	823 036	466 356	526 190	548 534	793 051	730 971	1 184 843
Приволжский федеральный округ	3 609 865	3 228 643	2 653 151	2 752 460	2 825 463	3 670 387	3 614 066	4 816 078
Сибирский федеральный округ	968 401	1 031 798	790 294	843 323	994 029	1 239 442	1 323 044	1 545 440
P2								
Центральный федеральный округ	15 709 166	16 458 171	15 583 352	15 366 186	20 284 733	26 702 591	25 930 582	25 512 035
Северо-Западный ФО	3 616 125	3 543 188	3 043 175	3 653 519	4 321 781	4 853 012	4 444 504	5 270 971
Южный федеральный округ	1 321 137	1 459 033	1 349 888	1 380 356	1 598 379	1 646 552	1 765 772	1 755 585
Северо-Кавказский ФО	44 064	48 765	106 601	100 389	78 803	108 185	99 532	85 740
Приволжский федеральный округ	6 052 402	5 742 186	5 527 258	5 456 061	6 005 212	7 002 945	7 125 657	7 345 203
Уральский федеральный округ	909 989	806 862	717 332	820 016	1 086 848	1 147 415	1 146 535	1 350 676
Сибирский федеральный округ	933 891	856 004	821 350	953 792	1 169 571	1 381 317	1 359 988	1 387 502
Дальневосточный ФО	144 224	300 789	282 479	220 100	305 311	353 474	368 875	329 499
P3								
Центральный федеральный округ	6 995 182	7 229 148	6 769 540	6 795 114	10 613 689	14 870 358	13 814 465	13 731 660
Северо-Западный ФО	2 162 689	1 985 647	1 411 765	2 219 038	2 171 406	2 585 258	2 300 566	3 314 703
Южный федеральный округ	793 329	844 855	855 382	820 888	954 403	1 017 134	1 078 129	1 046 305
Приволжский федеральный округ	2 658 112	2 575 808	2 463 696	2 671 217	3 212 820	3 820 489	4 160 004	4 163 112
Уральский федеральный округ	421 277	411 797	331 001	441 561	536 134	400 773	383 311	577 638
Сибирский федеральный округ	417 229	411 685	433 977	442 991	467 819	552 308	575 124	571 478
Дальневосточный ФО	-	-	-	-	-	-	-	-
P4								
Центральный федеральный округ	4 399 413	4 738 980	4 371 663	4 277 702	4 148 340	4 828 479	4 648 669	4 740 475
Северо-Западный федеральный округ	1 070 969	1 175 248	1 156 083	953 600	1 373 233	1 356 772	1 389 842	1 281 521
Южный федеральный округ	281 498	302 358	287 891	267 473	407 292	372 716	288 260	382 316
Северо-Кавказский ФО					29 985	57 876	50 134	
Приволжский федеральный округ	1 052 461	1 048 795	943 417	917 602	1 107 909	1 234 128	1 189 649	1 356 321
Уральский федеральный округ	170 245	137 924	165 654	155 428	147 719	215 716	229 337	221 647
Сибирский федеральный округ	319 940	299 889	239 831	316 668	380 066	477 781	469 822	438 674
Дальневосточный ФО	-	-	-	-	-	-	-	-
P5								
Центральный федеральный округ	2 576 109	2 918 791	2 758 416	2 457 325	2 663 367	4 043 765	4 473 690	3 811 807
Северо-Западный ФО	236 982	230 047	325 467	293 680	410 480	567 685	389 873	318 002
Южный федеральный округ	188 478	225 566	173 835	266 267	171 262	211 631	315 405	290 693
Северо-Кавказский ФО	18 774	21 117	17 945	11 957	18 775	18 115	20 063	28 601
Приволжский федеральный округ	1 144 163	861 513	945 369	810 797	1 014 388	1 041 620	948 249	820 172
Уральский федеральный округ	119 349	80 074	83 944	70 985	219 832	284 997	343 973	357 317
Сибирский федеральный округ	-	-	-	-	122 327	140 951	136 942	170 129
P6								
Центральный федеральный округ	1 738 462	1 571 252	1 683 733	1 836 045	2 859 337	2 959 989	2 993 758	3 228 093
Северо-Западный федеральный округ	145 485	152 246	149 860	187 201	366 662	343 297	364 223	356 745
Южный федеральный округ	57 832	86 254	32 780	25 728	65 422	45 071	83 978	36 271
Приволжский федеральный округ	1 197 666	1 256 070	1 174 776	1 056 445	670 095	906 708	827 755	1 005 598
Уральский федеральный округ	199 118	177 067	136 733	152 042	183 163	245 929	189 914	194 074
Сибирский федеральный округ	161 222	123 105	122 522	161 015	-	-	-	-
P7								
Центральный федеральный округ	1 714 513	1 553 288	1 559 985	1 718 327	2 853 006	2 954 429	2 987 227	3 221 807
Северо-Западный ФО	139 659	148 715	144 369	181 444	301 371	261 769	280 059	282 645
Южный федеральный округ	57 832	86 254	32 780	25 728	65 422	45 071	83 978	36 271
Приволжский федеральный округ	1 159 928	1 217 826	1 112 712	981 162	666 960	901 925	822 576	1 001 205
Уральский федеральный округ	86 097	74 045	65 299	86 768	183 163	245 929	189 914	194 074
Сибирский федеральный округ	161 222	123 105	122 522	161 015	-	-	-	-

Продолжение табл.2

Округ/код	2022				2023				2024			
	январь-март	январь-июнь	январь-сентябрь	январь-декабрь	январь-март	январь-июнь	январь-сентябрь	январь-декабрь	январь-март	январь-июнь	январь-сентябрь	
Р1												
Центральный ФО	4 522 527	5 044 949	4 118 915	3 724 713	4 681 059	4 983 486	5 385 038	5 803 126	6 825 293	5 875 014	5 540 525	
Северо-Западный ФО	444 905	901 002	823 620	417 762	977 248	1 746 701	1 663 969	1 142 412	960 324	1 250 848	1 215 893	
Приволжский ФО	6 786 012	5 494 517	4 039 805	3 601 575	5 228 524	5 102 834	6 470 890	5 844 486	15340327	14674785	12929698	
Сибирский ФО	1 493 745	3 632 799	4 165 127	3 493 912	1 936 983	2 356 760	1 302 955	1 630 746	1 973 174	2 911 575	1 352 357	
Р2												
Центральный ФО	30456002	33407616	28100 974	25516 798	29285506	29588968	30257798	29253412	36590487	35450421	33945739	
Северо-Западный ФО	6 602 436	6 914 003	5 050 220	4 967 185	6 171 288	5 647 927	5 824 169	6 602 087	7 345 799	7 446 870	4 726 172	
Южный ФО	2 561 642	2 648 170	2 322 407	1 955 971	2 302 298	2 421 575	2 514 745	2 434 205	3 251 683	2 895 376	2 552 844	
Северо-Кавказский ФО	80 935	77 241	85 086	84 951	175 428	181 456	158 866	125 009	80 858	123 476	141 159	
Приволжский ФО	8 746 734	9 668 643	7 890 219	7 361 854	8 127 198	9 175 435	9 878 206	10154870	11993435	11718981	11665669	
Уральский ФО	1 264 937	1 459 872	993 909	947 698	982 016	1 052 165	905 206	1 347 584	1 743 277	1 577 187	1 448 069	
Сибирский ФО	1 372 447	1 569 482	1 222 387	1 211 246	2 059 510	2 236 034	2 163 231	2 121 935	2 832 129	2 966 855	2 329 181	
Дальневосточный ФО	435 413	439 187	409 461	259 897	372 960	453 912	632 910	351 437	625 108	557 866	591 265	
Р3												
Центральный ФО	16228573	17950021	14214264	12852485	15159852	15394405	15922147	14999420	20187191	19948614	18832335	
Северо-Западный ФО	3 753 668	4 180 373	2 856 322	2 682 992	3 234 162	2 666 648	2 985 846	3 714 271	4 346 510	4 718 783	1 886 597	
Южный ФО	1 456 550	1 418 848	1 251 255	1 074 914	1 426 580	1 501 593	1 567 138	1 379 221	1 945 248	1 797 338	1 640 076	
Приволжский ФО	4 682 066	5 035 972	4 107 489	4 033 978	3 578 441	3 974 878	4 171 629	4 661 496	5 400 543	5 505 858	5 572 133	
Уральский ФО	602 843	689 300	337 418	346 884	422 228	453 519	367 168	645 625	930 969	787 305	736 584	
Сибирский ФО	445 901	499 998	387 157	343 899	869 771	933 677	850 641	936 846	955 867	1 317 181	841 133	
Дальневосточный ФО	-	-	-	-	-	-	-	-	323 074	282 316	293 009	
Р4												
Центральный ФО	6 546 802	6 111 645	5 791 470	5 030 191	5 988 560	6 028 597	5 818 756	6 304 862	7 420 889	6 741 067	6 509 260	
Северо-Западный ФО	1 734 619	1 724 688	1 434 161	1 403 583	1 791 972	1 974 241	1 806 021	1 812 122	2 158 937	1 919 526	1 943 870	
Южный ФО	463 008	514 131	344 113	307 445	387 928	455 820	482 841	456 189	715 883	659 452	581 146	
Северо-Кавказский ФО	37 479	41 642	48 418	31 075								
Приволжский ФО	1 396 990	1 430 610	1 247 671	1 323 985	2 147 730	2 468 006	2 615 227	2 698 888	2 522 983	2 660 467	2 761 466	
Уральский ФО	242 510	234 101	249 857	231 915	181 966	218 519	201 889	276 251	324 109	347 064	275 983	
Сибирский ФО	514 461	525 798	419 760	499 440	840 260	957 314	1 004 862	831 379	1 417 368	1 190 273	1 094 712	
Дальневосточный ФО	-	-	-	-	-	-	-	-	302 034	275 550	298 256	
Р5												
Центральный ФО	4 585 029	5 489 828	4 541 419	3 948 149	4 288 894	4 328 199	4 534 719	4 133 510	4 636 154	4 641 725	4 357 417	
Северо-Западный ФО	729 488	677 816	473 847	578 037	630 932	592 534	635 875	693 123	365 191	305 212	340 284	
Южный ФО	612 099	643 739	691 732	491 991	293 499	266 241	286 834	418 555	461 929	333 338	232 093	
Северо-Кавказский ФО												
Приволжский ФО	1 447 754	2 058 223	1 589 691	858 518	1 175 084	1 550 361	1 755 630	1 343 807	2 834 096	2 371 204	2 060 178	
Уральский ФО	177 375	240 156	191 894	167 650	189 116	176 041	161 613	242 572	315 858	259 563	243 302	
Сибирский ФО	210 968	311 688	231 367	163 193	140 582	132 889	108 230	149 063	217 362	214 406	154 716	

Окончание табл. 2

Округ/код	2022				2023				2024			
	январь-март	январь-июнь	январь-сентябрь	январь-декабрь	январь-март	январь-июнь	январь-сентябрь	январь-декабрь	январь-март	январь-июнь	январь-сентябрь	
Р6												
Центральный ФО	3 095 598	3 856 122	3 553 821	3 685 973	3 848 200	3 837 767	3 982 176	3 815 620	4 346 253	4 119 015	4 246 727	
Северо-Западный ФО	384 661	331 126	285 890	302 573	514 222	414 504	396 427	382 571	475 161	503 349	555 421	
Южный ФО					194 291	197 921	177 932	180 240				
Приволжский ФО	1 219 924	1 143 838	945 368	1 145 373	1 225 943	1 182 190	1 335 720	1 450 679	1 235 813	1 181 452	1 271 892	
Уральский ФО	242 209	296 315	214 740	201 249	188 706	204 086	174 536	183 136	172 341	183 255	192 200	
Сибирский ФО				204 714								
Р7												
Центральный ФО	2 946 708	3 230 153	2 951 708	3 168 696	3 178 563	3 104 939	3 282 566	3 280 059	4 249 492	4 052 327	4 147 342	
Северо-Западный ФО	384 661	331 126	285 890	302 573	308 654	245 612	266 301	268 388	438 229	462 978	516 644	
Южный ФО					194 291	197 921	177 932	180 240	-	-	-	
Приволжский ФО	1 071 785	1 056 185	839 784	999 027	1 136 471	1 066 861	1 235 274	1 349 105	1 155 199	1 093 786	1 180 885	
Уральский ФО	179 358	241 964	151 479	145 309	188 706	204 086	174 536	183 136	172 341	183 255	192 200	
Сибирский ФО	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

В данной работе целью исследования является определение округов, которые больше всего загрязняют окружающую среду, поэтому логичней выполнять нормализацию данных только по максимальному значению. Перед выполнением данной процедуры необходимо определить максимальное значение по каждой альтернативе за каждый год, а также годовые экстремумы по каждому критерию, т. к. данные имеют ежегодный нарастающий итог. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

Сводная таблица экстремумов за период 2020-2024 гг.

Код/округ	max				
	2020	2021	2022	2023	2024
Р1					
Центральный федеральный округ	2872050	3360632	5044949	5803126	6825293
Северо-Западный федеральный округ	823036	1184843	901002	1746701	1250848
Приволжский федеральный округ	3609865	4816078	6786012	6470890	15340327
Сибирский федеральный округ	1031798	1545440	4165127	2356760	2911575
max в столбце	3609865	4816078	6786012	6470890	15340327
min в столбце	823036	1184843	901002	1746701	1250848
Р2					
Центральный федеральный округ	16458171	26702591	33407616	30257798	36590487
Северо-Западный федеральный округ	3653519	5270971	6914003	6602087	7446870
Южный федеральный округ	1459033	1765772	2648170	2514745	3251683
Северо-Кавказский федеральный округ	106601	108185	85086	181456	141159
Приволжский федеральный округ	6052402	7345203	9668643	10154870	11993435
Уральский федеральный округ	909989	1350676	1459872	1347584	1743277
Сибирский федеральный округ	953792	1387502	1569482	2236034	2966855

Продолжение табл. 3

Код/округ	max				
	2020	2021	2022	2023	2024
Дальневосточный федеральный округ	300789	368875	439187	632910	625108
max в столбце	16458171	26702591	33407616	30257798	36590487
min в столбце	106601	108185	85086	181456	141159
Р3					
Центральный федеральный округ	7229148	14870358	17950021	15922147	20187191
Северо-Западный федеральный округ	2219038	3314703	4180373	3714271	4718783
Южный федеральный округ	855382	1078129	1456550	1567138	1945248
Приволжский федеральный округ	2671217	4163112	5035972	4661496	5572133
Уральский федеральный округ	441561	577638	689300	645625	930969
Сибирский федеральный округ	442991	575124	499998	936846	1317181
Дальневосточный федеральный округ	0	0	0	0	323074
max в столбце	7229148	14870358	17950021	15922147	20187191
min в столбце	0	0	0	0	323074
Р4					
Центральный федеральный округ	4738980	4828479	6546802	6304862	7420889
Северо-Западный федеральный округ	1175248	1389842	1734619	1974241	2158937
Южный федеральный округ	302358	407292	514131	482841	715883
Северо-Кавказский федеральный округ	0	57876	48418	0	0
Приволжский федеральный округ	1052461	1356321	1430610	2698888	2761466
Уральский федеральный округ	170245	229337	249857	276251	347064
Сибирский федеральный округ	319940	477781	525798	1004862	1417368
Дальневосточный федеральный округ	0	0	0	0	302034
max в столбце	4738980	4828479	6546802	6304862	7420889
min в столбце	0	0	0	0	0
Р5					
Центральный федеральный округ	2918791	4473690	5489828	4534719	4641725
Северо-Западный федеральный округ	325467	567685	729488	693123	365191
Южный федеральный округ	266267	315405	691732	418555	461929
Северо-Кавказский федеральный округ	211117	28601	0	0	0
Приволжский федеральный округ	1144163	1041620	2058223	1755630	2834096
Уральский федеральный округ	119349	357317	240156	242572	315858
Сибирский федеральный округ	0	170129	311688	149063	217362
max в столбце	2918791	4473690	5489828	4534719	4641725
min в столбце	0	28601	0	0	0
Р6					
Центральный федеральный округ	1836045	3228093	3856122	3982176	4346253
Северо-Западный федеральный округ	187201	366662	384661	514222	555421
Южный федеральный округ	86254	83978	0	197921	0
Приволжский федеральный округ	1256070	1005598	1219924	1450679	1271892
Уральский федеральный округ	199118	245929	296315	204086	192200
Сибирский федеральный округ	161222	0	204714	0	0

Окончание табл. 3

Код/округ	max				
	2020	2021	2022	2023	2024
max в столбце	1836045	3228093	3856122	3982176	4346253
min в столбце	86254	0	0	0	0
Р7					
Центральный федеральный округ	1718327	3221807	3230153	3282566	4249492
Северо-Западный федеральный округ	181444	301371	384661	308654	516644
Южный федеральный округ	86254	83978	0	197921	0
Приволжский федеральный округ	1217826	1001205	1071785	1349105	1180885
Уральский федеральный округ	86768	245929	241964	204086	192200
Сибирский федеральный округ	161222	0	0	0	0
max в столбце	1718327	3221807	3230153	3282566	4249492
min в столбце	86254	0	0	0	0

Для устранения влияния масштаба данных следует выполнить нормализацию, расчет которой осуществляется по следующей формуле:

$$x = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}},$$

где x – нормализованное значение; x_i – значение, подлежащее нормированию; x_{\max} – значение годового максимального показателя альтернативы в таблице 3; x_{\min} – значение годового минимального показателя альтернативы в таблице 3.

Следующим шагом анализа является приведение нормализованной матрицы в взвешенный вид. Для этого требуется выполнить этапы:

1. Для каждого критерия в нормализованной таблице вычислить долю значения от суммы годовой суммы по столбцу критерия. Ниже представлена формула расчета:

$$p_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^n r_{ij}},$$

где p – вероятность критерия за год; r_{ij} – годовое нормализованное значение альтернативы текущего критерия; n – количество годовых нормализованных значений одного критерия; $\sum_{i=1}^n r_{ij}$ – сумма годовых нормализованных значений одного критерия за один год;

2. На основе рассчитанных вероятностей вычислить энтропию каждого критерия A_{ij} по каждой альтернативе:

$$E_j = -\frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln(p_{ij}),$$

где p – вероятность критерия, рассчитанная в предыдущем шаге; n – количество альтернатив; \ln – натуральный логарифм.

3. Далее необходимо выполнить расчет весов при помощи формулы ниже:

$$w_{ij} = 1 - E_{ij},$$

где E_{ij} – энтропия критерия по альтернативе.

4. Теперь необходимо перемножить значения нормализованной матрицы с полученными весами:

$$v_{ij} = r_{ij} \times w_{ij}.$$

Результат готовой взвешенной нормализованной матрицы представлен в таблице 4.

Таблица 4

Взвешенная нормализованная матрица за период 2020-2024 гг.

Код/округ	2020	2021	2022	2023	2024
P1					
Центральный федеральный округ	0,1661	0,1305	0,0900	0,1731	0,0897
Северо-Западный федеральный округ	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Приволжский федеральный округ	0,2259	0,2179	0,1279	0,2016	0,2268
Сибирский федеральный округ	0,0169	0,0216	0,0709	0,0260	0,0267
P2					
Центральный федеральный округ	0,1945	0,2118	0,2076	0,1948	0,1914
Северо-Западный федеральный округ	0,0422	0,0411	0,0425	0,0416	0,0384
Южный федеральный округ	0,0161	0,0132	0,0160	0,0151	0,0163
Северо-Кавказский федеральный округ	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Приволжский федеральный округ	0,0707	0,0576	0,0597	0,0646	0,0622
Уральский федеральный округ	0,0096	0,0099	0,0086	0,0076	0,0084
Сибирский федеральный округ	0,0101	0,0102	0,0092	0,0133	0,0148
Дальневосточный федеральный округ	0,0023	0,0021	0,0022	0,0029	0,0025
P3					
Центральный федеральный округ	0,1694	0,2126	0,2136	0,1939	0,2105
Северо-Западный федеральный округ	0,0520	0,0474	0,0497	0,0452	0,0466
Южный федеральный округ	0,0200	0,0154	0,0173	0,0191	0,0172
Приволжский федеральный округ	0,0626	0,0595	0,0599	0,0568	0,0556
Уральский федеральный округ	0,0103	0,0083	0,0082	0,0079	0,0064
Сибирский федеральный округ	0,0104	0,0082	0,0059	0,0114	0,0105
Дальневосточный федеральный округ	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
P4					
Центральный федеральный округ	0,2344	0,1971	0,2176	0,1882	0,1627
Северо-Западный федеральный округ	0,0581	0,0567	0,0577	0,0589	0,0473
Южный федеральный округ	0,0150	0,0166	0,0171	0,0144	0,0157
Северо-Кавказский федеральный округ	0,0000	0,0024	0,0016	0,0000	0,0000
Приволжский федеральный округ	0,0521	0,0554	0,0476	0,0805	0,0605
Уральский федеральный округ	0,0084	0,0094	0,0083	0,0082	0,0076
Сибирский федеральный округ	0,0158	0,0195	0,0175	0,0300	0,0311
Дальневосточный федеральный округ	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0066
P5					
Центральный федеральный округ	0,2186	0,2132	0,1829	0,1917	0,1937
Северо-Западный федеральный округ	0,0244	0,0259	0,0243	0,0293	0,0152
Южный федеральный округ	0,0199	0,0138	0,0230	0,0177	0,0193
Северо-Кавказский федеральный округ	0,0016	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Приволжский федеральный округ	0,0857	0,0486	0,0686	0,0742	0,1183
Уральский федеральный округ	0,0089	0,0158	0,0080	0,0103	0,0132
Сибирский федеральный округ	0,0000	0,0068	0,0104	0,0063	0,0091
P6					
Центральный федеральный округ	0,1984	0,1983	0,1909	0,1901	0,2223
Северо-Западный федеральный округ	0,0114	0,0225	0,0190	0,0245	0,0284
Южный федеральный округ	0,0000	0,0052	0,0000	0,0094	0,0000
Приволжский федеральный округ	0,1327	0,0618	0,0604	0,0693	0,0650
Уральский федеральный округ	0,0128	0,0151	0,0147	0,0097	0,0098
Сибирский федеральный округ	0,0085	0,0000	0,0101	0,0000	0,0000
P7					
Центральный федеральный округ	0,2144	0,1921	0,2007	0,1760	0,2168
Северо-Западный федеральный округ	0,0125	0,0180	0,0239	0,0166	0,0264
Южный федеральный округ	0,0000	0,0050	0,0000	0,0106	0,0000
Приволжский федеральный округ	0,1486	0,0597	0,0666	0,0724	0,0603
Уральский федеральный округ	0,0001	0,0147	0,0150	0,0109	0,0098
Сибирский федеральный округ	0,0098	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

На основе таблицы 4 определяется идеальное ($L+$) и наихудшее ($L-$) решения. В данном случае это максимальные и минимальные годовые значения критерия A_{ij} . В связи с тем, что в исходных данных пустые значения были заменены на значение «0», то по всем критериям наихудшим решением является нулевое значение. Однако на основе получившихся максимальных и годовых значений ещё нельзя сформировать рейтинг по производству, необходимо вычислить расстояние между идеальным и наихудшим решениями через евклидову метрику. Формулы расчета представлены ниже:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^k (v_{ij} - L_j^+)^2}$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^k (v_{ij} - L_j^-)^2},$$

где v_{ij} – значение взвешенной нормализованной матрицы.

Используя полученные расстояния, теперь нужно рассчитать относительную близость (C_i), т.к. она играет ключевую роль в определении наилучшей альтернативы из множества доступных вариантов. Данный показатель принимает значения в интервале $[0, 1]$, при этом альтернативы ранжируются в порядке убывания значений: предпочтительными считаются варианты с величиной, стремящейся к 1, что соответствует максимальной близости к идеальному решению. Ниже представлена формула относительной близости:

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}.$$

На рисунке 1 представлен рейтинг альтернатив многокритериальной оценки производства пластмассовой продукции, осуществляемой федеральными округами Российской Федерации за период январь 2020 г. – сентябрь 2024 г. [2].

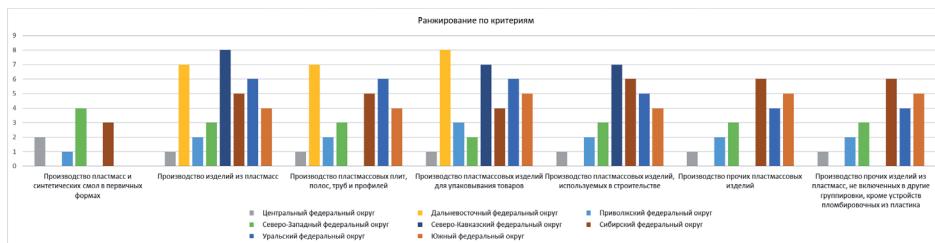


Рис. 1. Рейтинг федеральных округов по производству пластмассовой продукции в 2020-2024 гг.

В таблице 5 сформирован итоговый рейтинг на основе данных, заложенных в диаграмму, отображенную на рисунке 1.

Таблица 5
Итоговый рейтинг альтернатив

Альтернатива	Итоговый ранг
Центральный федеральный округ	1
Приволжский федеральный округ	2
Северо-Западный федеральный округ	3
Южный федеральный округ	4
Уральский федеральный округ	5
Сибирский федеральный округ	6
Дальневосточный федеральный округ	7
Северо-Кавказский федеральный округ	7

В составленном рейтинге (табл. 5) видно, что у Дальневосточного и Северо-Кавказского ФО ранг одинаковый. Это объясняется тем, что при ранжировании по критериям у них ранги как по моде (7), так и по среднему значению (7,33) равны [10].

Проведенная дифференциация альтернатив позволяет сделать вывод, что округами с наибольшим объемом производства пластмассовых изделий являются ЦФО, ПФО и СЗФО. Последнее говорит о значительном уровне выбросов в окружающую среду. В конце ранжированной последовательности по убыванию степени риска зафиксированы следующие макрорегионы России: ЮФО, СКФО, УФО, СФО, ДФО.

Согласно данным из интернет-источника «База данных ЕГРЮЛ онлайн», который собирает достоверную информацию о действующих компаниях из таких веб-ресурсов, как «Специальные реестры ФНС», «Торговые площадки», «Единый государственный реестр юридических лиц» (ЕГРЮЛ), в Центральном федеральном округе насчитывается 4 221 фирм, занимающихся видом деятельности «22» по ОКВЭД, Приволжский – 2 930 фирм, Северо-Западный – 1 493 предприятия. Кроме того, такой результат объясняется развитой промышленностью, крупными рынками сбыта, логистическими преимуществами.

Заключение

Результатом работы является демонстрация алгоритма работы метода TOPSIS, который позволяет проводить комплексный анализ через систему нормализованных критериев и расчет относительной близости к идеальному решению. Проведенное исследование обеспечило получение объективных результатов, репрезентативно отражающих реальную ситуацию. В целом по развитию промышленной деятельности, направленной на выпуск полимерных изделий, анализ показал, что с экономической точки зрения она достаточно хорошо развивается, особенно в условиях международных санкционных ограничений, однако необходимо параллельно решать вопрос загрязнения окружающей среды, внедрять инновации, позволяющие со-

кращать, в идеале предотвращать негативные выбросы за пределы предприятия.

Список источников

1. Голованова С.В., Креховец Е.В. Потенциал развития российского производства пластиков на фоне санкций: оценка на среднесрочную перспективу // *Проблемы прогнозирования*, 2024, no. 2 (203), с. 165-177.
2. Демидовский П.В. Сравнительный анализ методов многокритериального принятия решений: ELECTRE, TOPSIS и ML-LDM // *Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям*, 2020, с. 234-237.
3. Дуканич Л.В. Многокритериальная оценка предпринимательской активности регионов Дальневосточного федерального округа / Л.В. Дуканич, Е.А. Кувшинова // *Научные исследования экономического факультета. Электронный журнал*, 2020, Т. 12, no. 3(37), с. 7-15.
4. Кумратова А.М., Попова М.И. Методы и инструментальные средства визуализации для аналитики в малом бизнесе // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2023, no. 2(158), с. 91-98.
5. Лазарева Е.И. Эффективное управление человеческим капиталом организации в условиях устойчиво-инновационного развития экономики / Е.И. Лазарева, Ю.В. Гаврилова // *Вопросы инновационной экономики*, 2020, Т. 10, no. 2, с. 737-746.
6. Мамедова М.Г. Многокритериальная оптимизация задач управления человеческими ресурсами на базе модифицированного метода TOPSIS / М.Г. Мамедова, З.Г. Джабраилова // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 2015, Т. 2, no. 4(74), с. 48-62.
7. Моделирование риск-экстремумов методами многокритериальной оптимизации / А.М. Кумратова, Е.В. Попова, Н.В. Третьякова, М.И. Попова // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2015, no. 5(65), с. 21-30.
8. О валидационной оценке модельных подходов к описанию динамики ЯРУ / Е.В. Оленская, С.С. Григорьев, Д.Г. Кресов, Д.Е. Богомолов // *Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева*, 2024. no. 2 (145), с. 59-68.
9. Попова А.М. Трендовый анализ рядов динамики и статистическое прогнозирование на основании трендового анализа // *Вопросы педагогики*, 2022, no. 1-2, с. 266-272.
10. Сеидова И., Мамедова Л., Применение метода TOPSIS для принятия решений // *Sciences of Europe*, 2023, no. 112 (112), с. 63-68.
11. Темирджанов Р.А. Промышленное производство как следствие экологических проблем для окружающей среды // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*, 2021, no. 10-2, с. 14-17.
12. Чаплыгин В.Г. Принятие решений по трансферу технологий в региональном инновационном кластере в условиях неопределенности и риска / В.Г. Чаплыгин, В.Н. Мороз // *Журнал Новой экономической ассоциации*, 2022, no. 1(53), с. 121-142.

APPLICATION OF THE TOPSIS METHOD FOR ASSESSING THE PRODUCTION OF INDIVIDUAL SECTORS OF THE RUSSIAN ECONOMY

Kumratova Alfira Menligulovna¹, Dr. Sci. (Econ.), Assoc. Prof.

Klintsevich Roman Ivanovich¹, Cand. Sci. (Econ.)

Vasilenko Igor Ivanovich², Cand. Sci. (Agr.), Assoc. Prof.

Romanyuk Anna Sergeevna², M. Sc.

¹ North Caucasus State Academy, Stavropolskaya Street, 36, Cherkessk, Russia, 369000;
e-mail: kumratova55@yandex.ru

² Kuban State Agrarian University, srt. Kalinina, 13, Krasnodar, Russia, 350044; e-mail:
kumratova.a@edu.kubsau.ru; romanyuk2704@yandex.ru

Importance: in 2022, Russia faced a reduction in imports of polymer products under sanctions pressure. There was a need for accelerated development of plastic production, which is a strategically important branch of the Russian industry. However, like any industrial activity, the production of polymer products has a negative impact on the environment, producing emissions into the environment. Based on this, in order to diagnose and identify trends, the subject of research in this work is the districts of the Russian Federation, on the territory of which factories for the production of plastic products are located. *Purpose:* based on official statistical data on the production of plastic products in the context of the federal districts of the Russian Federation for the period 2020-2024, determine the districts that pollute the environment the most in terms of production. *Research design:* in this article official statistical data on the production of plastic products for the period 2020-2024 were used as research material. The data analysis is performed using the TOPSIS method, which allows you to rank alternatives based on their proximity to the ideal solution. *Results:* based on the results obtained during the analysis of TOPSIS methods, a ranking of alternatives was conducted to identify ideal and worst solutions for identifying active federal districts that pollute the environment. According to the results of the study, such districts are the Central, Volga and Northwestern Federal Districts, while the Ural, Siberian, North Caucasian and Far Eastern Federal Districts cause less environmental damage.

Keywords: TOPSIS method, multi-criteria assessment, data analysis, normalization, standardization, differentiation, ranking, trend, production of plastic products, environmental pollution.

References

1. Golovanova S.V., Krekhovets E.V. Potencial razvitiya rossijskogo proizvodstva plastikov na fone sankcij: ocenka na srednesrochnuyu perspektivu [The potential for the development of Russian plastics production against the background of sanctions: a medium-term assessment]. *Problems of Forecasting*, 2024, no. 2 (203), pp. 165-177. (In Russ.)
2. Demidovsky P.V., Sravnitel'nyja naliz metodov mnogokriterial'nogo prinyatiya reshenij: ELECTRE, TOPSIS i ML-LDM [Comparative analysis of multicriteria decision-making methods: ELECTRE, TOPSIS and ML-LDM]. *International Conference on Soft Computing and Measurements*, 2020, pp. 234-237. (In Russ.)
3. Dukanich L.V. Mnogokriterial'naya otsenka preprinimatel'skoy aktivnosti regionov Dal'nevostochnogo federal'nogo okruga [Multi-criteria assessment of entrepreneurial activity in the regions of the Far Eastern Federal District] / L.V. Dukanich, Ye.A. Kuvshinova. *Scientific research of the Faculty of Economics. Electronic journal*, 2020, Vol. 12, no. 3 (37), pp. 7-15. (In Russ.)
4. Kumratova A.M., Popova M.I. Metody iinstrumental'nye sredstva vizualizacii dlya analitiki v malom biznese [Visualization methods and tools for analytics in small businesses]. *Modern Economics: Problems and Solutions*, 2023, no. 2(158), pp. 91-98. (In Russ.)
5. Lazareva Ye.I. Effektivnoye upravleniye chelovecheskim kapitalom organizatsii v usloviyakh ustoychivo-innovatsionnogo razvitiya ekonomiki [Effective management of human capital of an organization in the context of sustainable and innovative economic development] / Ye.I. Lazareva, YU.V. Gavrilova. *Issues of innovative economics*, 2020, Vol. 10, no. 2, pp. 737-746. (In Russ.)
6. Mamedova M.G. Mnogokriterial'naya optimizatsiya zadach upravleniya chelovecheskimi resursami na baze modifitsirovannogo metoda TOPSIS [Multicriteria optimization of human resource management problems based on the modified TOPSIS method] / M.G. Mamedova, Z.G. Dzhabrailova. *East European Journal of Advanced Technologies*, 2015, Vol. 2, no. 4 (74), pp. 48-62. (In Russ.)
7. Modelirovaniye risk-ekstremumov metodami mnogokriterial'noy optimizatsii [Modeling risk extremes using multicriteria optimization methods] / A.M. Kumratova, Ye.V. Popova, N.V. Tret'yakova, M.I. Popova. *Modern Economy: Problems and Solutions*, 2015, no. 5 (65), pp. 21-30. (In Russ.)
8. O validacionnoj ocenke model'nyh podhodov k opisaniyu dinamiki YaRU / Olenskaya E.V., Grigoriev S.S., Kresov D.G., Bogomolov D.E. [On the validation assessment of model approaches to the description of the dynamics of YAR]. *Proceedings of the R.E. Alekseev NSTU*, 2024, no. 2 (145), pp. 59-68. (In Russ.)
9. Popova A.M. Trendovyj analiz ryadov dinamiki i statisticheskoe prognozirovaniye na osnovanii trendovogo analiza [Trend analysis of time series and statistical forecasting based on trend analysis]. *Questions of pedagogy*, 2022, no. 1-2, pp. 266-272. (In Russ.)
10. Seidova I., Mammadova L. Primene-niemetoda TOPSIS dlya prinyatiya reshenij [Application of the TOPSIS method for decision-making]. *Sciences of Europe*, 2023, no. 112 (112), pp. 63-68. (In Russ.)
11. Temirdzhanov R.A., Promyshlennoe proizvodstvo kak sledstvie ekologicheskikh problem dlya okruzhayushchej sredy [Industrial production as a consequence of environmental problems for the environment]. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*, 2021, no. 10-2, pp. 14-17. (In Russ.)
12. Chaplygin V.G. Prinyatiye resheniy po transferu tekhnologiy v regional'nom innovatsionnom klastere v usloviyakh neopredelennosti i riska [Decision-making on technology transfer in a regional innovation cluster under conditions of uncertainty and risk] / V.G. Chaplygin, V.N. Moroz. *Journal of the New Economic Association*, 2022, no. 1 (53), pp. 121-142. (In Russ.)