

УДК: 330.42(045), 51-77(045)

MSC: 62H30; 62P20; 91B42

DOI: 10.35330/1991-6639-2020-4-96-78-88

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ПОКУПАТЕЛЕЙ МЕЖДУ ДВУМЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫМИ ТОВАРАМИ С ПОМОЩЬЮ ЕМКОСТНОГО МЕТОДА АНАЛИЗА РЕДКИХ СОБЫТИЙ В ЭКОНОМИКЕ* (Часть 2)

Ю.А. КОРАБЛЕВ

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Финуниверситет)
125993, г. Москва, Ленинградский проспект, 49
E-mail: academy@fa.ru

В статье предложен подход для классификации событий завершения запаса потребителя из данных покупок двух альтернативных товаров в случае, если покупки происходят, когда лубой из товаров закончился. Такое распознавание событий необходимо для дальнейшего восстановления динамики изменения предпочтения потребителя между этими двумя товарами, которое осуществляется с помощью емкостного метода анализа редких событий. Определить, произошла ли покупка вследствие завершения запаса или нет, помогает наблюдение за средней скоростью расхода продукции. В статье описано, на что надо обратить внимание при таком распознавании.

Ключевые слова: редкие события, емкостный метод, скорость потребления, восстановление, предпочтение, альтернативные товары, распознавание, классификация.

ВВЕДЕНИЕ

В первой части данного исследования [1] мы рассмотрели способ восстановления динамики изменения предпочтений покупателя между двумя альтернативными товарами. Данный подход базируется на емкостном методе анализа редких событий, в котором события анализируются с точки зрения процессов, происходящих в источниках событий и приводящих к возникновению этих событий [2]. Оказывается, что события, которые образуются в результате процессов потребления, схожих с процессами наполнения и опустошения емкости, можно исследовать с помощью метода восстановления функции по интегралам [3].

Для исследования возможности восстановления предпочтения покупателя между двумя альтернативными товарами были рассмотрены 4 схемы образования редких событий. Первая: потребитель совершает независимые покупки тех товаров, запасы которых закончились, причем он и не пополняет запасы тех товаров, которые еще не закончились. При этой схеме поведения восстановление происходит элементарно, не требуется никакой дополнительной обработки данных, достаточно рассматривать покупки каждого товара отдельно, после чего применить восстановление по интегралам. Во второй схеме покупатель не пополняет запасы до тех пор, пока оба товара не закончатся (когда запасы одного товара заканчиваются, потребитель начинает потреблять запасы другого товара до тех пор, пока и другой товар не закончится, и только потом

* Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Финуниверситета 2020 года

пополняет запасы обоих товаров). При второй схеме без введения дополнительных предположений, к сожалению, не получится восстановить истинные предпочтения потребителя. Нужно вводить дополнительные предположения, например, такие, что потребитель при покупке товара заранее знал, что товар не успеет ему надоесть, тогда объемы покупок и будут выражать предпочтения. В третьей схеме моменты событий пополнения запаса происходят во время других событий, таких как посещение магазина при возвращении с работы. В этой схеме пополнение запаса не связано с завершением запасов. Если ввести предположение, что покупатель не изменяет свой максимальный уровень запасов со временем, то восстановление также происходит достаточно просто, в исходных данных можно произвести сдвиг на одну позицию (объем покупок y_{i+1} отнести к предыдущему моменту времени t_i). Наконец, в четвертой схеме, которая самая правдоподобная, потребитель пополняет запасы обоих товаров, если закончились запасы любого из товаров. В этой схеме для восстановления предпочтений необходимо предварительно произвести классификацию событий и определить, какой из товаров закончился в момент пополнения запаса. Цель данной статьи как раз произвести эту классификацию.

РАСПОЗНАВАНИЕ СОБЫТИЯ, ВЫЗВАННОГО ЗАВЕРШЕНИЕМ ЗАПАСА

Рассмотрим модель образования событий, описанную в первой части исследования, попробуем проанализировать, существует ли возможность распознавания того, произошла ли покупка вследствие завершения запасов первого или второго товара. Данные моделирования представлены в таблице 1. Покупки, выделенные **желтым**, вызваны завершением запаса, причем они успевают закончиться к следующему событию; **сиреневым** – вызванные завершением запаса, но которые не успевают закончиться к следующему событию; **оранжевым** – покупки, которые не вызваны завершением запаса (т.е. пополнение запаса вызвано другим товаром), но которые успевают закончиться к следующему событию.

Таблица 1

ДАННЫЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ, МОМЕНТЫ ВРЕМЕНИ И ОБЪЕМЫ ПОПОЛНЕНИЯ ЗАПАСОВ
ПРОДУКЦИИ ОБОИХ ТОВАРОВ

i	Дата t_i	Объем покупки		i	Дата t_i	Объем покупки		i	Дата t_i	Объем покупки	
		y_i^1	y_i^2			y_i^1	y_i^2			y_i^1	y_i^2
1	06.01.2020	613,93	535,82	39	11.01.2021	709,77	328,05	77	15.01.2022	777,14	387,77
2	15.01.2020	783,85	381,90	40	20.01.2021	735,60	423,96	78	25.01.2022	764,90	516,27
3	24.01.2020	705,15	450,28	41	29.01.2021	635,37	509,77	79	03.02.2022	572,27	562,28
4	02.02.2020	597,75	541,25	42	06.02.2021	469,11	531,92	80	11.02.2022	415,01	574,03
5	10.02.2020	436,13	557,89	43	13.02.2021	341,06	518,68	81	18.02.2022	302,30	545,14
6	17.02.2020	316,88	535,62	44	20.02.2021	289,10	553,12	82	25.02.2022	262,76	565,66
7	24.02.2020	272,10	561,96	45	27.02.2021	255,07	567,56	83	04.03.2022	243,27	564,26
8	02.03.2020	246,72	566,96	46	06.03.2021	241,51	559,75	84	11.03.2022	244,17	540,92
9	09.03.2020	241,94	549,70	47	13.03.2021	247,87	530,56	85	19.03.2022	302,72	565,47
10	16.03.2020	255,94	512,34	48	21.03.2021	312,05	548,19	86	28.03.2022	391,94	546,23
11	24.03.2020	327,85	520,32	49	30.03.2021	405,77	523,19	87	08.04.2022	563,87	526,20
12	03.04.2020	478,26	535,92	50	11.04.2021	636,43	537,30	88	21.04.2022	758,33	450,41

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ПОКУПАТЕЛЕЙ МЕЖДУ ДВУМЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫМИ ТОВАРАМИ С ПОМОЩЬЮ ЕМКОСТНОГО МЕТОДА АНАЛИЗА РЕДКИХ СОБЫТИЙ В ЭКОНОМИКЕ

13	16.04.2020	726,36	515,24	51	23.04.2021	711,13	389,65	89	03.05.2022	721,98	321,10
14	28.04.2020	723,11	348,34	52	05.05.2021	717,82	314,22	90	16.05.2022	718,88	340,34
15	11.05.2020	753,43	332,97	53	18.05.2021	702,04	346,80	91	01.06.2022	701,68	518,61
16	26.05.2020	729,31	441,98	54	03.06.2021	673,14	537,35	92	14.06.2022	406,80	535,42
17	09.06.2020	501,88	530,26	55	15.06.2021	361,51	504,59	93	25.06.2022	261,46	515,47
18	21.06.2020	313,31	540,87	56	26.06.2021	256,84	519,02	94	06.07.2022	233,25	537,25
19	02.07.2020	237,60	533,88	57	07.07.2021	233,25	537,25	95	17.07.2022	256,84	519,02
20	13.07.2020	242,35	530,20	58	18.07.2021	261,46	515,47	96	29.07.2022	361,51	504,59
21	25.07.2020	328,07	529,68	59	31.07.2021	406,80	535,42	97	13.08.2022	624,37	508,09
22	08.08.2020	526,37	512,90	60	16.08.2021	701,68	518,61	98	27.08.2022	750,81	376,05
23	23.08.2020	753,71	428,29	61	29.08.2021	718,88	340,34	99	08.09.2022	717,82	314,22
24	04.09.2020	703,38	307,20	62	10.09.2021	721,98	321,10	100	20.09.2022	711,13	389,65
25	16.09.2020	721,75	355,50	63	22.09.2021	702,84	409,88	101	02.10.2022	636,43	537,30
26	29.09.2020	718,70	529,53	64	03.10.2021	571,92	512,49	102	11.10.2022	405,77	523,19
27	09.10.2020	470,43	548,90	65	12.10.2021	398,81	534,76	103	19.10.2022	312,05	548,19
28	17.10.2020	322,37	529,84	66	20.10.2021	307,25	556,97	104	26.10.2022	247,87	530,56
29	24.10.2020	252,94	518,75	67	27.10.2021	245,85	535,93	105	02.11.2022	241,51	559,75
30	31.10.2020	241,40	553,48	68	03.11.2021	242,19	562,23	106	09.11.2022	255,07	567,56
31	07.11.2020	249,08	567,62	69	10.11.2021	258,70	566,84	107	16.11.2022	289,10	553,12
32	14.11.2020	277,38	559,44	70	17.11.2021	295,52	549,33	108	23.11.2022	341,06	518,68
33	21.11.2020	324,65	530,31	71	24.11.2021	349,66	512,40	109	01.12.2022	469,11	531,92
34	29.11.2020	446,97	549,44	72	02.12.2021	480,35	522,90	110	10.12.2022	635,37	509,77
35	08.12.2020	610,41	530,71	73	12.12.2021	726,10	549,35	111	19.12.2022	735,60	423,96
36	17.12.2020	715,70	441,19	74	21.12.2021	753,72	408,21	112	27.12.2022	709,77	328,05
37	26.12.2020	789,98	376,53	75	29.12.2021	717,41	321,33				
38	03.01.2021	726,34	313,46	76	06.01.2022	724,54	315,05				

Взглянем на третью покупку первого товара (см. табл. 1) – $y_3^1 = 705.15$, на самом деле эта покупка была спровоцирована тем, что как раз запасы первого товара закончились. А вот следующая четвертая покупка была вызвана тем, что закончился второй товар, когда первый товар все еще остался. Если мы ошибочно предположим, что четвертая покупка была вызвана завершением первого товара, то получается, что объем y_3^1 израсходовался за время от t_3 до t_4 , но это не так: объем товара y_3^1 должен был закончиться позже. Это приведет к тому, что средняя скорость $y_3^1/(t_4 - t_3)$ расхода запасов первого товара окажется завышенной. Другими словами, при переключении событий завершения запаса с одного товара на другой будет наблюдаться увеличение средней скорости расхода запаса того товара, с которого произошло переключение. Причем надо заметить, что само это переключение вызвано тем, что скорость расхода запаса одного товара падает, когда другого возрастает (запас одного товара начал заканчиваться позже, чем начал заканчиваться запас другого товара), то есть средняя скорость расхода должна убывать, но она резко возрастает. Однако не всегда средняя скорость должна показать рост, на деле может оказаться

спад, но этот спад обязательно должен быть меньше, чем в предыдущем наблюдении (то есть скорость снижалась, но затем стала снижаться медленнее). Пояснение этих рассуждений показано на рисунке 1. Это один из маркеров, который показывает, что, начиная со следующего наблюдения, начинает заканчиваться другой товар, когда текущий еще будет оставаться в наличии (произошло переключение событий на другой товар), но есть еще некоторые индикаторы.

i	Дата	Покупки T1	Покупки T2	$y^1_i/(t_{i+1}-t_i)$	$y^2_i/(t_{i+1}-t_i)$
1	06.01.2020	613,93	535,82	68,2145	59,5361
2	15.01.2020	783,85	381,90	87,0941	42,4333
3	24.01.2020	705,15	450,28	78,3501	50,0314
4	02.02.2020	597,75	541,25	74,7191	67,6563
5	10.02.2020	436,13	557,89	62,3039	79,698
6	17.02.2020	316,88	535,62	45,2687	76,5166
7	24.02.2020	272,10	561,96	38,8714	80,2797
8	02.03.2020	246,72	566,96	35,2453	80,9939
9	09.03.2020	241,94	549,70	34,5627	↓ 78,529 -2.5
10	16.03.2020	255,94	512,34	31,9929	↓ 64,0423 -14.5
11	24.03.2020	327,85	520,32	32,7851	↓ 52,0325 -12.0
12	03.04.2020	478,26	535,92	36,7895	↓ 41,2243 -10.8
13	16.04.2020	726,36	515,24	60,5303	↑ 42,9364 +1.7
14	28.04.2020	723,11	348,34	↓ 55,6242	26,7955
15	11.05.2020	753,43	332,97	↓ 50,2285	22,1979
16	26.05.2020	729,31	441,98	↑ 52,0936	31,5699
17	09.06.2020	501,88	530,26	41,8233	44,1887
18	21.06.2020	313,31	540,87	28,4829	49,1698
19	02.07.2020	237,60	533,88	21,5997	↓ 48,5346
20	13.07.2020	242,35	530,20	20,1957	↓ 44,1834 -4.3
21	25.07.2020	328,07	529,68	23,4332	↓ 37,8346 -6.3
22	08.08.2020	526,37	512,90	35,0911	↓ 34,1933 -3.6
23	23.08.2020	753,71	428,29	62,8091	35,6909
24	04.09.2020	703,38	307,20	↓ 58,6153	25,6003
25	16.09.2020	721,75	355,50	↓ 55,5194	27,3461
26	29.09.2020	718,70	529,53	↑ 71,8705	52,9527
27	09.10.2020	470,43	548,90	58,8041	68,612

Рис. 1. Пояснение рассуждений для распознавания событий. Желтым выделены ячейки покупок, спровоцированных завершением запаса соответствующего товара, объем которых при этом завершился к следующему событию. Отмеченные сиреневым цветом ячейки покупок хоть и спровоцированы завершением запаса, но объем этих покупок не закончится к следующему событию. Оранжевым цветом выделены ячейки покупок, объем которых вместе с объемом предшествующих (объединенных) покупок закончится к следующему событию, но сами эти покупки не спровоцированы завершением соответствующего товара

Теперь еще один маркер. Если произошло переключение событий на текущий товар, то есть ранее текущий товар не успевал закончиться, а сейчас именно завершение запаса это-

го товара вызывает событие, то как правило объем покупок этого товара будет больше, чем в то время, когда этот товар не заканчивался. Это приведет к тому, что средняя скорость расхода запаса этого товара подскочит. На рисунке 1 это можно увидеть: в оранжевой ячейке стоит средняя скорость расхода, когда товар еще не успевал закончиться и событие возникало из-за завершения другого товара, а в первой желтой ячейке, следующей за оранжевой, средняя скорость, когда товар успел закончиться к следующему событию. Заметен сильный скачок в средней скорости.

В результате можно построить алгоритм, который из данных покупок двух альтернативных товаров находит моменты, когда происходит переключение события завершения запаса с одного товара на другой, классифицируя все покупки наблюдений между ними как вызванные событием или нет. Но среди данных могут быть такие наблюдения, когда событие пополнения запаса произошло одновременно для обоих товаров. Такое может быть, когда запас продукции обоих товаров закончился в одно и то же время. В данном примере и на рисунке 1 это наблюдение $i = 13$. Описанный алгоритм отметит только одну из покупок в этом наблюдении как вызванную событием, а надо отметить обе. Тут надо придумать еще какой-нибудь прием и усложнить алгоритм. Но на самом деле ничего страшного не произойдет: не отмеченная покупка всего лишь объединится с предыдущими покупками (в данном случае добавится к сумме $\sum_{i=3}^{12} y_i^1$ и станет 13 элементов), восстановление функции будет происходить по-прежнему корректно, хотя, возможно, с чуть меньшей точностью.

Влияние частоты исходных функций

Еще одной проблемой на пути восстановления предпочтений между двумя альтернативными товарами является частота, с которой происходят изменения в исходных функциях. Например, если частота изменения функции предпочтения $\alpha(t)$ очень большая при такой же исходной функции $f(t)$ (рис. 2), то при моделировании описанного в первой части статьи процесса потребления получим данные о моментах времени и объемах пополнения запасов обоих товаров (рисунок 3).

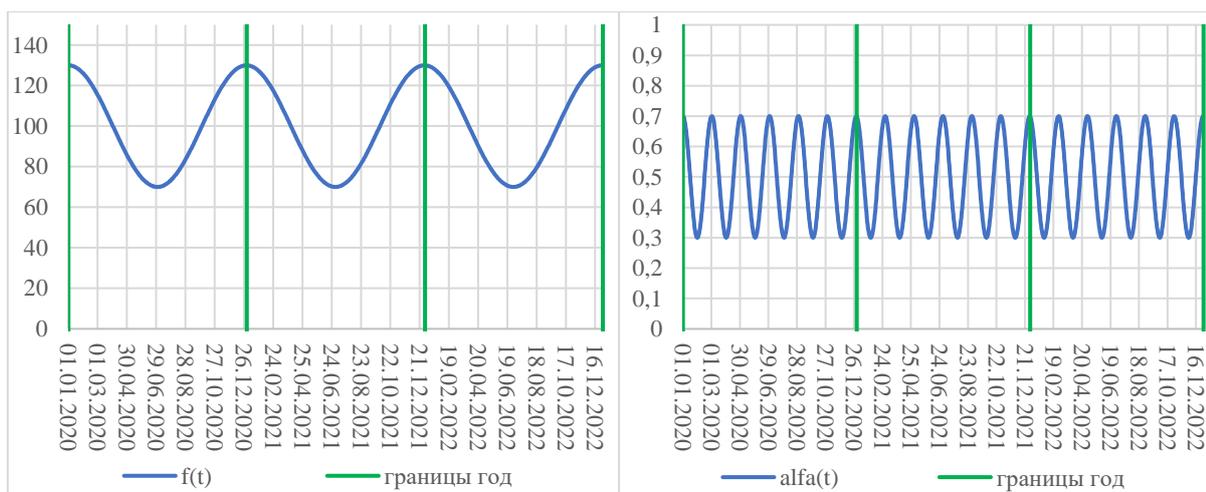


Рис. 2. Функция потребности $f(t)$ (шт. в день) и функция предпочтения $\alpha(t)$ (в долях)

i	Дата	Покупки T1	Покупки T2	$y^1_i/(t_{i+1}-t_i)$	$y^2_i/(t_{i+1}-t_i)$
1	14.01.2020	1318,76616	1547,60322	69,40875	81,4528
2	02.02.2020	917,18274	1506,3873	38,21595	62,76614
3	26.02.2020	1398,79943	1516,40492	63,58179	68,9275
4	19.03.2020	1538,7831	922,033225	66,90361	40,0884
5	11.04.2020	799,90115	1514,84836	27,5828	52,23615
6	10.05.2020	1545,90805	998,257094	45,46788	29,3605
7	13.06.2020	1036,57893	1534,95331	28,79386	42,63759
8	19.07.2020	1529,16087	1008,02514	46,33821	30,54622
9	21.08.2020	986,818351	1503,677	35,24351	53,70275
10	18.09.2020	1516,41045	920,338265	65,93089	40,01471
11	11.10.2020	787,93694	1503,21292	34,25813	65,35708
12	03.11.2020	1550,13442	1006,05437	62,00538	40,24217
13	28.11.2020	1478,6705	1553,21437	77,82476	81,74812
14	17.12.2020	917,18274	1506,3873	50,9546	83,68818
15	04.01.2021	1528,55748	807,6786	66,45902	35,11646
16	27.01.2021	1444,57903	1515,09394	72,22895	75,7547
17	16.02.2021	929,235144	1547,67486	46,46176	77,38374
18	08.03.2021	1526,60877	801,077074	58,71572	30,81066
19	03.04.2021	1205,61289	1536,71269	37,6754	48,02227
20	05.05.2021	1542,20222	1364,87438	44,06292	38,99641
21	09.06.2021	1190,46123	1505,34523	33,06837	41,81515
22	15.07.2021	1507,94926	1031,75529	45,69543	31,26531
23	17.08.2021	942,574761	1512,23275	33,66338	54,00831
24	14.09.2021	1520,19516	865,922248	63,34146	36,08009
25	08.10.2021	845,0408	1502,70355	35,21003	62,61265
26	01.11.2021	1510,08967	1128,30689	62,9204	47,01279
27	25.11.2021	1521,88442	1367,04902	84,54913	75,94717

Рис. 3. Данные событий пополнения запаса двух альтернативных товаров при высокой частоте изменения функции предпочтения $\alpha(t)$

В таком наборе данных переключение событий пополнения запаса с одного товара на другой происходит очень часто. Получается так, что чуть ли не каждый раз покупатель выходит из дома, чтобы пополнить запасы другого продукта, не того, который пополнял в прошлый раз. При распознавании событий (к какому товару относится событие завершения запаса, покупки, выделенные сиреневым и желтым цветом), надо учесть дополнительные особенности. Ранее мы получили, что в момент переключения событий завершения запаса на другой товар предполагалось наблюдать резкий скачок (меньший спад) средней скорости расхода продукции по сравнению с предыдущей покупкой, которая была вызвана событием завершения запаса текущего товара (желтой ячейкой). Но у нас тут часто нет предыдущей покупки, которая была вызвана событием (нет желтой ячейки). Однако особых проблем с распознаванием событий все равно не возникает, так как по срав-

нению с предыдущей покупкой, которая не полностью закончилась (оранжевая), каждый раз наблюдается значительный рост. Можно классифицировать события именно по этому значительному росту по сравнению с предыдущей ячейкой.

С классификацией событий из-за частоты изменения функции проблем может не возникнуть, но может возникнуть следующая проблема. Потребитель совершает покупки, пополняя запасы обоих товаров, когда один из товаров закончился. Но объем той покупки, которая была вызвана завершением запаса товара (выделенной сиреневым цветом), не расходуется до следующего события, так как следующее событие вызвано завершением запаса другого товара. В результате надо объединить несколько покупок в одну (на рисунке 3 в одну покупку объединяются все те покупки, которые располагаются от покупки, выделенной сиреневым цветом, до тех, которые выделены оранжевым цветом, объединенные покупки выделены рамкой). В результате будем иметь достаточно мало объединенных покупок. Из этого малого количества объединенных покупок восстановленные функции будут такими, как изображено на рисунке 4.

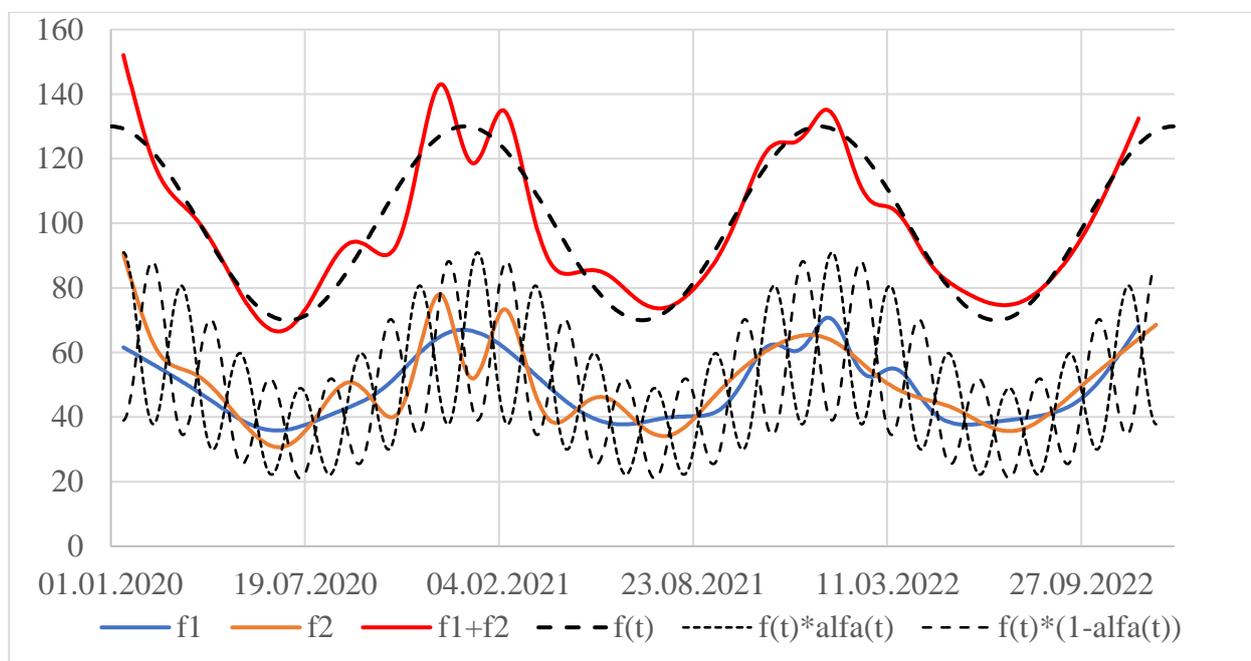


Рис. 4. Сравнение восстановленных функций с исходными, высокая частота функции предпочтения $\alpha(t)$

Функции скорости расхода запаса продукции первого и второго товара $\hat{f}^1(t)$, $\hat{f}^2(t)$ определяются некорректно. Определилась только основная гармоника, которая была заложена в функцию $f(t)$, но не определилась гармоника, которая была заложена в $\alpha(t)$ (так как $\hat{f}^1(t) = \hat{\alpha}(t)\hat{f}(t)$, скорость расхода зависит от обеих функций). Дело в том, что восстановление функций происходит по интегралам, $y_i = \int_{t_i}^{t_{i+1}} f(t) dt$, если на этом периоде функция часто изменяется, то интеграл показывает суммарное значение, происходит как бы усреднение изменений функции на заданном периоде. Восстановленная по последовательности интегралов функция сможет показать динамику, связанную с изменением самих интегралов, но не способна показать быстрые изменения, которые произошли на каждом

участке интеграла. В результате мы получаем сглаженные скорости расхода продукции первого и второго товара. Чтобы функции восстанавливались корректно, необходимо, чтобы самих событий было больше, то есть чтобы покупатель делал покупки намного чаще, пусть и меньшего объема.

Более высокая частота может быть не только у функции предпочтения, но также и у самой исходной функции потребности $f(t)$ (рис. 5). Однако если количества наблюдаемых покупок (уже после классификации и объединения) достаточно, чтобы объяснить изменения функции, то восстановление происходит относительно корректно (рис. 6).

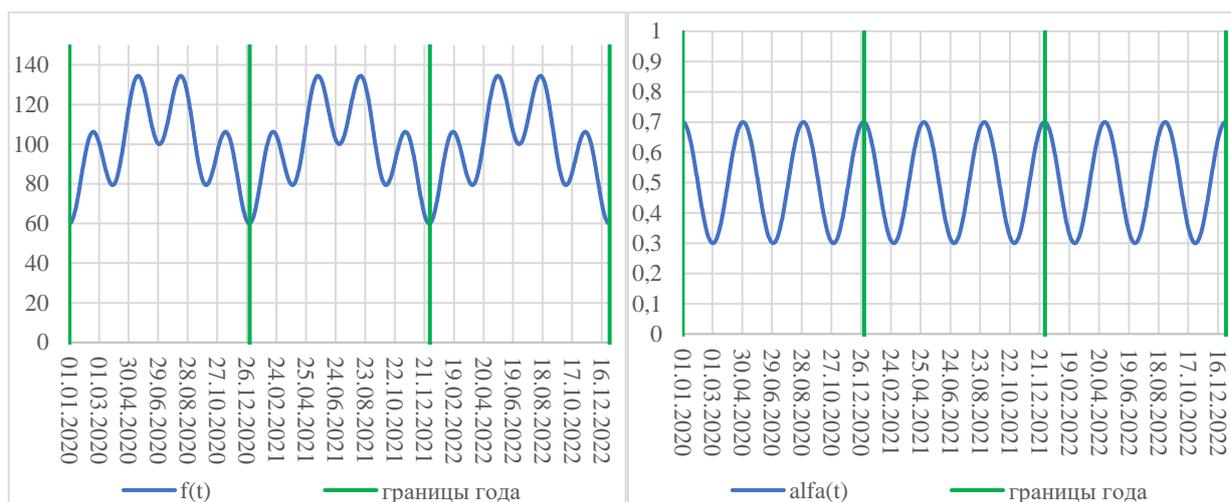


Рис. 5. Функция потребности $f(t)$ (шт. в день) и функция предпочтения $\alpha(t)$ (в долях)

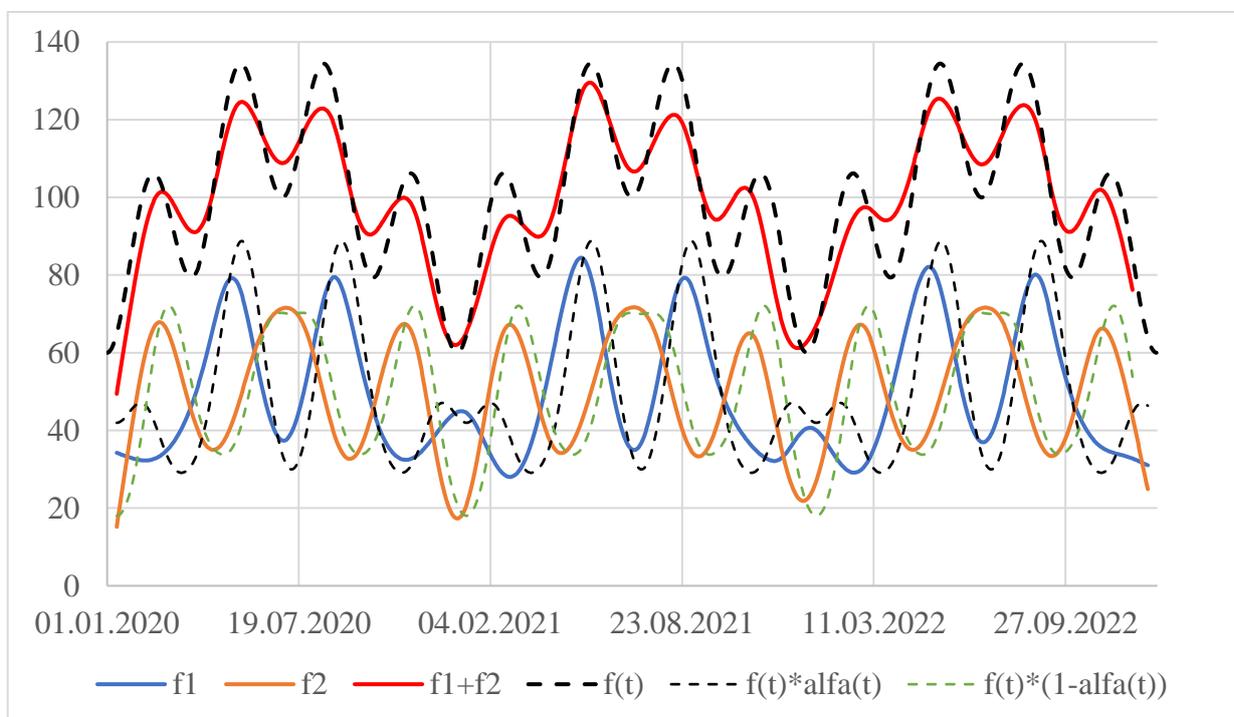


Рис. 6. Сравнение восстановленных функций с исходными, высокая частота потребности $f(t)$

В завершение надо сказать еще несколько слов о распознавании событий, чтобы определить, к какому товару относится завершение запаса. До этого были предложены рекомендации на основе анализа самих ситуаций и процессов, в результате которых происходит событие. Вместо этого можно использовать методы машинного обучения или анализа данных. Для этого надо иметь уже размеченный набор данных, в котором для каждой покупки имеются множество признаков и значения 0 или 1, показывающие, вызвана ли покупка данного товара завершением запаса или нет. В качестве признаков лучше тогда брать не абсолютные значения покупок y_i и даже не абсолютные значения средних скоростей расхода продукции $y_i^s = y_i / (t_{i+1} - t_i)$, а относительное изменение в средней скорости расхода продукции $y_i^{so} = y_i^s / y_{i-1}^s$. Для каждого наблюдения следует использовать последовательность таких признаков, причем не только прошлых, но и будущих, то есть для того, чтобы классифицировать i -тое наблюдение, использовать, например, набор признаков $y_{i-2}^{so}, y_{i-1}^{so}, y_i^{so}, y_{i+1}^{so}, y_{i+2}^{so}$. Причем по каждому товару для определения, вызвана ли его покупка завершением запаса, лучше использовать набор признаков от обоих товаров. При выборе метода классификации надо учесть то, что появление нулей и единиц может быть вызвано близостью не к одному набору значений признаков, а к нескольким наборам. То есть появление единицы может происходить, когда набор признаков находится либо в одном положении, либо в другом. Другими словами, появление единицы происходит по условию ИЛИ (когда набор признаков близок к одному состоянию либо близок к другому состоянию). В этом случае метод логистической регрессии, в котором строится гиперплоскость, разделяющая пространство признаков на две части и расстояние до которой символизирует вероятность появления единицы или нуля, может не подходить (наблюдения могут быть линейно неразделимы или они будут некорректно разделяться). Какой из методов классификации подходит лучше всего, нужно проводить дополнительное исследование, но нейронные сети из-за своей универсальности должны справляться с этой задачей.

В итоге классификацию можно выполнить либо вручную, самостоятельно анализируя исходные данные, либо воспользовавшись методами машинного обучения. Далее, применяя метод восстановления функции по интегралам, можно получить функцию скорости расхода каждого товара и определить динамику изменения предпочтений потребителя между двумя альтернативными товарами. Даже если классификация будет осуществляться с погрешностью, т.е. небольшая часть наблюдений будет неправильно классифицирована, восстановить функции все равно получится, но с большей погрешностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная статья является продолжением первой части исследования, в котором был разработан механизм восстановления динамики изменения предпочтения между двумя альтернативными товарами. В статье разбирается схема образования событий пополнения запаса, в которой потребитель пополняет запасы как первого, так и второго товара, если закончились запасы любого из товаров. Для успешного восстановления предпочтений необходимо предварительно произвести классификацию событий и распознать завершением запаса какого товара вызвано событие пополнения запаса. Это распознавание можно осуществить, анализируя среднюю скорость расхода товара, отслеживая скачки и падения этой средней скорости. Можно использовать машинное обучение для решения задачи

классификации, при этом входным признаком должен являться вектор относительных значений изменения средней скорости.

Восстановление динамики изменения предпочтения между двумя альтернативными товарами из данных редких событий (покупок) может быть полезно маркетологам, так как не надо будет производить анкетирование и опросы населения. Обычно анкетирование ограничивается несколькими тысячами опрашиваемых людей, тогда как покупки совершают миллионы. Конечно, это восстановление предпочтений из данных покупок будет возможно только для тех товаров, для которых эти данные покупок есть. Не получится восстановить предпочтение по данным для того товара, данных которого вообще нет. В этом случае без анкетирования и опроса граждан не обойтись. А там, где такие данные есть, можно получить ценные для прикладных наук ранее не выявленные закономерности. Вопрос: можно ли воспользоваться этим же подходом для анализа изменения предпочтений между тремя, четырьмя (и т.д.) товарами? Скорее всего, можно, но надо отдельно проводить исследование на эту тему.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кораблев Ю.А.* Моделирование и восстановление предпочтений покупателей между двумя альтернативными товарами с помощью емкостного метода анализа редких событий в экономике (часть 1) // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. Нальчик: Известия КБНЦ РАН. 2020. № 3(95). С. 74-91.
2. *Кораблев Ю.А.* Емкостный метод определения функции скорости потребления // Экономика и менеджмент систем управления. Воронеж: Изд-во «Научная книга». 2015. № 15(1.1). С. 140-150.
3. *Кораблев Ю.А.* Метод восстановления функции по интегралам для анализа и прогнозирования редких событий в экономике // Экономика и математические методы. 2020. № 3 (в печати).

REFERENCES

1. *Korablev Yu.A. Modelirovaniye i vosstanovleniye predpochteniy pokupateley mezhdvu dvumya al'ternativnymi tovarami s pomoshch'yu yemkostnogo metoda analiza redkikh sobytiy v ekonomike (chast' 1)* [Modeling and restoration of customer preferences between two alternative products using the capacitive method of analysis of rare events in the economy (part 1)] // News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Nalchik: Bulletin of the KBSC RAS. 2020. No. 3 (95). Pp. 74-91.
2. *Korablev Yu.A. Yemkostnyy metod opredeleniya funktsii skorosti potrebleniya* // *Ekonomika i menedzhment sistem upravleniya* [Capacitive method for determining the consumption rate function. "Economics and management systems management"]. Voronezh: Scientific Book Publishing House. 2015. No.15 (1.1). Pp. 140-150.
3. *Korablev Yu.A. Metod vosstanovleniya funktsii po integralam dlya analiza i prognozirovaniya redkikh sobytiy v ekonomike* [A method of recovering a function by integrals for analysis and forecasting of rare events in the economy] // *Economics and Mathematical Methods*. 2020. No. 3 (in press).

**MODELING AND RESTORATION OF CUSTOMER PREFERENCES
BETWEEN TWO ALTERNATIVE PRODUCTS
USING THE CAPACITY METHOD OF RARE EVENTS
ANALYSIS IN THE ECONOMY***
(Part 2)

Yu.A. KORABLEV

Financial University under the Government of the Russian Federation (Finuniversity)
125993, Russia, Moscow, Leningradsky prospect, 49
Email: academy@fa.ru

The article proposes an approach for classifying the consumer's stock completion events from the purchases data of two alternative goods if purchases occur when any of the goods is out of stock. Such event recognition is necessary to further restoration of the dynamics of changes in consumer preferences between the two products, which is carried out using the capacity method of rare events analysis. To determine whether the purchase has occurred due to the completion of the stock or not, observation of the average rate of products consumption helps. This article describes to what attention should be paid in the process of this recognition.

Keywords: rare events, capacitive method, consumption rate, recovery, preference, alternative products, recognition, classification.

Работа поступила 27.04.2020 г.

Сведения об авторе:

Кораблев Юрий Александрович, к.э.н., доцент кафедры «Системный анализ в экономике» Финансового университета при Правительстве Российской Федерации (Финуниверситет).
125993, г. Москва, Ленинградский проспект, 49.
Тел. 8-916-882-72-43.
E-mail: yura-korablyov@yandex.ru

Information about the author:

Korablev Yuri Alexandrovich, Ph.D., Associate Professor, Financial University under the Government of the Russian Federation (Finuniversity), Department of System Analysis in Economics.
125993, Moscow, Leningradsky prospect, 49.
Ph. 8-916-882-72-43.
Email: yura-korablyov@yandex.ru

* The article was prepared based on the results of studies carried out at the expense of budgetary funds on the state assignment of the Financial University of 2020