РАЗДЕЛ XVIII. ЛОГИСТИКА

Рязанов И.Е.

Excel в помощь аналитику: формируем сбалансированную очередь распределения ресурсов в системе

(Россия, Пятигорск)

doi: 10.18411/lj-12-2020-121

idsp: ljjournal-12-2020-121

Аннотация

В статье рассмотрена сравнительная оценка однокритериального и многокритериального алгоритмов распределения ресурсов в системе, показана связь между критериями, их взвешивание, формирование интегрального критерия распределения, принятие управленческих решений на его основе. Практическая полезность рассмотренных алгоритмов состоит в демонстрации баланса взвешивания критериев при распределении ресурсов от центра (склада) к группе потребителей (торговых объектов).

Ключевые слова: Excel, аналитика, планирование, модель, ресурсы, система, склад, очередь, торговля, логистика

Abstract

The article discusses a comparative assessment of single-criteria and multi-criteria algorithms for resource allocation in the system, shows the relationship between the criteria, their weighting, the formation of an integral distribution criterion, and management decisions based on it. The practical usefulness of the considered algorithms consists in demonstrating the balance of weighing the criteria in the distribution of resources from the center (warehouse) to a group of consumers (retail facilities).

Keywords: Excel, analytics, planning, model, resources, system, warehouse, queue, trade, logistics

В практике значительное количество вопросов связано с оптимизацией распределения ресурсов в социально-экономических системах. Например, речь идет о распределении ресурсов между центральным складом и торговыми объектами (потребителями), от одного потребителя к другому и др. Сложность заключается в том, что количество ресурсов может быть ограничено, а количество потребителей постоянно меняться. Нередко сложности возникают и при формировании самой очереди распределения, т.е. некой последовательности, в соответствии с которой потребители получают ресурсы, т.е. удовлетворяют свои потребности.

Комплекс теоретических вопросов по данной проблеме весьма проработан [1,4 и др.], заслуживает активного применения в практике, в частности в аналитике продаж.

Рассмотрим подробнее несколько примеров распределения ресурсов в условной системе с использованием одного и нескольких критериев. Все цифры расчетов условные. Для удобства расчетов воспользуемся табличным процессором «Excel» [3].

Создадим лист «Пример 1». Имеются условные данные о 5 заявках на поставку ресурсов из одного центра 5 условным потребителям (стартовые условия). Каждый потребитель формирует ресурсную потребность, которая оформляется в данном случае индивидуальным номером. Номер присваивается по дате подачи заявки. Следовательно, очередность по номеру заявки является основным показателем будущего распределения ресурса, при этом другие факторы не учитываются. В процессе технического распределения объекты «выстраиваются» в порядке убывания по номеру заявки, далее они получают необходимый ресурс по принципу «от старого

номерка к новому» до момента полного распределения или до момента возникновения дефицита.

В ячейку «D3» введем удобную формулу «Excel», которая будет автоматически оцифровывать номер заявки, для последующей сортировки [2]:

$$=СЧЁТЕСЛИ(\$C\$3:\$C\$7;"<"&C3)+СЧЁТЕСЛИ(\$C\$3:C7;"="&C3), \quad (1)$$

Формулу 1 необходимо протянуть на все заявки (диапазон «D3:D7»).

Далее, нам необходимо ранжировать по убыванию заявки для того, чтобы понять, какой потребитель получает ресурс первым. Для этих целей введем в ячейку «E3» следующую формулу:

$$=НАИМЕНЬШИЙ(\$D\$3:\$D\$7;СТРОКА()-2), \quad (2)$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Стартовые условия			Распределение ресурсов						
2	Условное название объектов (потребители ресурсов)	Заявка, шт.	Номер заявки	Порядковый номер заявки	Ранжированная заявка	Очередность заявки	Объем ресурса, шт.	Остаток ресурса, шт.	Статус распределения	
3	ПР1	3	T-0015828	3	1	ПР2	16	44	Распределено	
4	ПР2	16	T-0015817	1	2	ПР5	18	26	Распределено	
5	ПР3	18	T-0015832	4	3	ПР1	3	23	Распределено	
6	ПР4	6	T-0015848	5	4	ПР3	18	5	Распределено	
7	ПР5	18	T-0015825	2	5	ПР4	6	-1	Нехватка	
8	ВСЕГО, шт.	61					61			
9										
10	Наличие ресурса, шт.	60								
11	Объем гарантированно распределенного ресурса	55								
12	Остаток ресурса, шт.	5								
13										
14										

Рисунок 1 – Фрагмент расчета, лист «Excel» «Пример 1»

Формула 2 выстраивает от наименьшего к наибольшему ранее помеченные заявки. В функции «СТРОКА()-2» число «-2» означает смещение не две строки относительно начала таблицы (на рисунке 1 наглядно видно, что необходимые нам данные начинаются именно с 3 строки и 2 строки мы «пропускаем»).

Для расчета очередности заявки введем в ячейку «F3» следующую формулу, скопируем ее на весь диапазон («F3:F7»):

$$=ИНДЕКС(\$A\$3:\$E\$7;ПОИСКПОЗ(E3;\$D\$3:\$D\$7;0);1), \quad (3)$$

Формула 3 отыскивает ранжированный в столбце «E» порядковый номер заявки и возвращает соответствующее данному номеру точное название потребителя из столбца «A».

Далее, мы можем воспользоваться функцией «ВПР» для поиска значения заявки по названию заявки. Для этого в ячейку «G3» введем следующую формулу:

$$=ВПР(F3;\$A\$3:\$B\$7;2;ЛОЖЬ), \quad (4)$$

По сути, цель нашего расчета достигнута, т.е. примитивный шаблон, объясняющий формирование очереди потребителей, удовлетворение их потребностей по номеру заявки построен.

В столбце «H» выведем убывание ресурса по мере удовлетворения заявок. Для этого из общего количества имеющегося ресурса вычтем объем первой заявки (ячейка «H3»):

$$=B10-G3, \quad (5)$$

Следом в ячейку «H4» введем формулу, вычитающую заявку из текущего остатка: «H3-G4», (6). Скопируем ее на весь диапазон: («H4:H7»).

В столбец «Статус распределения» введем формулу, которая будет помечать потребителя, ресурс которого гарантированно будет распределен, а также потребителя, ресурс которого не может быть распределен по причине дефицита, или по другой причине:

$$=ЕСЛИ(H3>0;«Распределено»;«Дефицит»), \quad (7)$$

В ячейке «B11» зафиксируем условный подсчет суммарно распределенного ресурса:

$$= \text{СУММЕСЛИ}(I3:I7; \text{«Распределено»}; G3:G7), \quad (8)$$

В ячейке «B12» выведем разницу между наличием ресурса всего и распределенным количеством :

$$=B10-B11, \quad (9)$$

В результате последовательность удовлетворения потребностей 5 потребителей будет в следующем порядке: «ПР2,ПР5,ПР1,ПР3,ПР4».

Таким образом, используя простые алгоритмы мы создали пример модели распределения ресурса по одному критерию, в данном случае это номер заявки. В качестве одного критерия также могут выступать, например, дата заявки, объем заявки и др. Логика очередности распределения в таком случае схожа.

Ключевой плюсом модели распределения по одному критерию являются, прежде всего, простота построения и понятность распределения. Зачастую фактор времени (своевременность подачи заявки) и/или объем требуемого ресурса (масштаб) являются определяющими. Соблюдение принципа очереди позволяет «упорядочить» процесс распределения, отследить его хронологию.

Среди минусов данной модели отметим, прежде всего, манипуляции с преждевременным формированием заявки, завышением, например, объема заявки, игнорирование других факторов при распределении (история продаж, оборачиваемость, количество отказов, другие параметры эффективности).

Более сбалансированное распределение ресурса достигается, если прибегнуть к анализу не одного, а нескольких критериев при распределении. Учитывая тот факт, что критерии могут быть разными по природе, то их необходимо привести к условному сопоставлению, взвешиванию с последующим формированием интегрального критерия оценки, который будет в дальнейшем выступать в качестве ключевого для последующего построения очереди и принятия решения о ресурсном распределении.

Среди множества показателей эффективности торговли, применительно к системе ресурсного распределения, выделим в качестве исходных ключевых параметров нашей многокритериальной модели, следующие: объем заявки, коэффициент оборачиваемости и историю продаж потребителя ресурсов. Если объем заявки не требует пояснений, то, например, коэффициент оборачиваемости и история продаж, заслуживают внимания.

Коэффициент оборачиваемости демонстрирует скорость «избавления» от запасов. Чем он выше, тем «быстрее» технически реализуются запасы при прочих равных условиях. Для целей будем придерживаться классического подхода в алгоритме расчета коэффициента оборачиваемости, т.е. отношения продаж к остаткам:

$$\text{Продажи за период, шт.} / \text{Средний остаток, шт.}, \quad (10)$$

В свою очередь, для определения среднего остатка целесообразно также использовать общеизвестную статистическую формулу расчета среднего в моментном ряду. В данном случае, коэффициент оборачиваемости возьмем за 30 дней (малый интервал), тогда средний остаток мы также рассчитаем за 30 дней следующим образом:

$$\text{Средний остаток} = (1/2 \text{ остатка за 1 день} + \text{остаток за 2 день} \dots + \text{остаток за 29 день} + 1/2 \text{ остатка за 30 день}) / (30-1), \quad (11)$$

Почему именно 30 дней и именно такой алгоритм расчета среднего? Для модели необходимо использовать динамический показатель оборачиваемости остатка, т.е. показатель, который каждый раз будет пересчитываться на момент очередного распределения ресурсов. Учитывая тот факт, что, например, остатки в сфере торговли практически постоянно находятся в «активном движении» и меняются со временем, то удобнее использовать расчет средней хронологической. Интервал 30 дней – минимальный релевантный интервал. Он может быть меньше или больше в зависимости от специфики, частоты движения, особенности торгового цикла и т.д.

История продаж – это объем продаж в количественном выражении за определенный период времени, например, 30 дней. Он также пересчитывается на момент распределения, как и рассмотренный выше коэффициент оборачиваемости.

Для корректной процедуры расчета общего интегрального критерия (целевого показателя), необходимо установить значимость между показателями: заявкой, коэффициентом оборачиваемости и историей продаж. Значимость устанавливается условно экспертным путем от 0 до 1. В сумме эти показатели равны 1. Заявка может быть некорректной, завышенной, а история продаж может содержать как пики, так и спады продаж, то для целей расчета установим значимость коэффициента оборачиваемости как 0,5, значимость заявки и истории продаж – по 0,25. Универсального значения показателя значимости не существует, поэтому необходимо устанавливать их опытным путем, путем подбора, регулярного мониторинга и др.

Расчет интегрального критерия (целевого показателя) осуществим по следующей формуле:

$$A_i = V * V_i + KO * KO_i + H * H_i \rightarrow \max, \quad (12)$$

где V – объем заявки, шт.;

V_i – коэффициент значимости заявки;

KO – коэффициент оборачиваемости;

KO_i – коэффициент значимости коэффициента оборачиваемости;

H – история продаж, шт.;

H_i – коэффициент значимости истории продаж.

Распределение ресурсов по формуле 12 осуществляется в порядке убывания индекса. То есть 1 в ряду – получает ресурс первым и так далее. Рассмотрим более подробно многокритериальный метод на примере. Для этих целей создадим лист Excel «Пример 2».

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Стартовые условия			Распределение ресурсов			
	Условное название объекта (потребителя ресурсов)	Заявка, шт	Коэффициент оборачиваемости	История продаж, шт.	Взвешенный индекс	Убывание взвешенного индекса	Очередность удовлетворени я потребности	
2								
3	ПР1	3	0,10	12,00	6,7750	15,8275	ПР3	
4	ПР2	10	1,40	20,00	12,8500	12,8500	ПР2	
5	ПР3	12	1,31	25,00	15,8275	8,8000	ПР5	
6	ПР4	8	1,10	11,00	7,7750	7,7750	ПР4	
7	ПР5	18	1,20	8,00	8,8000	6,7750	ПР1	
8								
9	F1	F2	F3					
10	0,25	0,50	0,25					
11	Коэффициенты значимости критериев							
12								
13								
14								

Рисунок 2 – Фрагмент расчета, лист «Excel» «Пример 2»

Ряд исходных данных повторяет данные «Примера 1» выше. Область данных «Стартовые условия» дополнена сведениями о коэффициенте оборачиваемости и истории продаж за 30 дней. Воспользуемся формулой 12 для расчета взвешенного индекса потребителя ПР1. Для этих целей введем в ячейку «Е3»: $=B3*\$A\$10+D3*\$B\$10+\$C\$10*C3$. Результат расчета: 6,7750. Данную формулу скопируем на весь диапазон: «Е3:Е7». В итоге получим взвешенный индекс по каждому потребителю. Первым получает приоритет в распределении потребитель с максимальным индексом и так далее по убыванию.

Для ранжирования данных воспользуемся формулой, которую необходимо ввести в ячейку: «F3»: $=НАИБОЛЬШИЙ(\$E\$3:\$E\$7;СТРОКА()-2)$. Принцип действия формулы схож с формулой 2, с той лишь разницей, что порядок обратный, т.е. от «большого к меньшему». Формулу скопируем на весь диапазон потребителей.

В завершение введем в ячейку G3 следующую формулу: $=ИНДЕКС(\$A\$3:\$F\$7;ПОИСКПОЗ(F3;\$E\$3:\$E\$7;0;1))$, которая по номеру

взвешенного индекса осуществляет поиск названия потребителя (принцип формулы идентичен формуле 3). Формулу необходимо скопировать на весь диапазон ячеек.

Таким образом, мы получили взвешенную оценку расчета приоритета (очереди) распределения. Итоговая очередность удовлетворения ресурсной потребности согласно «Примера 2» будет следующей: «ПР3,ПР2,ПР5,ПР4,ПР1». Как видно она отличается от той очередности, которая была сформирована в «Примере 1».

Плюсами данной модели является, прежде всего, учет нескольких критериев. Основным минус – условность коэффициентов значимости, которая в большинстве случаев носит субъективный характер. Еще одним недостатком является, тот факт, что численное значение критериев разное по разрядности, например, коэффициент оборачиваемости 1,5, а заявка 20 или более. В результате таких различий, расчет по формуле 12 может быть не всегда корректным. В результате потребители, например, с низким коэффициентом оборачиваемости и высокой заявкой могут технически получить больший приоритет в распределении, чем потребители с хорошей оборачиваемостью, но низкой заявкой.

Устранить обозначенную выше проблему многокритериальной оптимизации частично позволяет, например, метод свертывания критериев [1].

Рассмотрим на примере его применение.

Для его демонстрации создадим лист Excel «Пример 3». Нам понадобятся все те же коэффициенты значимости, что и в предыдущем «Примере 2», исходные данные также не будем изменять для корректности оценки. У нас 3 критерия: заявка, коэффициент оборачиваемости и история продаж. Два из них максимизируются (max), один (объем заявки) – минимизируется (min). Минимизация заявки в данном случае целесообразна для частичного снижения риска ее изначального завышения.

Для дальнейших расчетов нам потребуется вычисления максимального значения по столбцу исходных данных. Для расчета максимальной величины заявки запишем следующую формулу в ячейку B8: =МАКС(B3:B7), (13)

Скопируем скопируем ее на диапазон: «B8:D8». В результате получим максимальное значение заявки среди всех заявок (18), аналогично получим максимальное значение коэффициента оборачиваемости (1,4) и истории продаж (25).

Далее необходимо построить матрицу вспомогательных расчетов (столбцы «Е», «F» и «G»), которая заполняется расчетными данными. В соответствии с принципом максимальной эффективности необходимо нормализовать 3 наших критерия по алгоритму, описанному в [1]. Если речь идет о критерии (max), то нормализация осуществляется как отношение каждого значения в соответствующем столбце исходных данных к максимальному значению по столбцу. Если критерий (min), то процесс расчета подобен, только полученный результат вычитаем из числа 1. И так по каждому столбцу исходных данных.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		Стартовые условия			Вспомогательные расчеты					
	Условное название объекта (потребителя)	Заявка (min), шт	Коэффициент оборачиваемости (max)	История продаж (max), шт.	Индекс заявки, шт (F1)	Индекс коэффициента оборачиваемости (F2)	Индекс истории продаж (F3)	Взвешенный индекс	Убытие взвешенного индекса	Очередность удовлетворения потребности
2										
3	ПР1	3	0,10	12,00	0,83	0,07	0,48	0,3640	0,8111	ПР2
4	ПР2	10	1,40	20,00	0,44	1,00	0,80	0,8111	0,8012	ПР3
5	ПР3	12	1,31	25,00	0,33	0,94	1,00	0,8012	0,6417	ПР4
6	ПР4	8	1,10	11,00	0,56	0,79	0,44	0,6417	0,5086	ПР5
7	ПР5	18	1,20	8,00	0,00	0,86	0,32	0,5086	0,3640	ПР1
8	Максимальное значение по столбцу	18	1,4	25						
9										
10		F1	F2	F3						
11		0,25	0,50	0,25						
12		Коэффициенты значимости критериев								
13										

Рисунок 3 – Фрагмент расчета, лист «Excel» «Пример 3»

Значение в столбце «Е» (заявка) по потребителю ПР1 будет следующим (ячейка «Е3») (так как min): $=1-B3/B\$8$. В результате получим число 0,83. Скопируем данную формулу на диапазон: «Е3:Е7». Для тех значений коэффициента оборачиваемости (столбец «F») введем следующую формулу в ячейку «F3»: $=C3/C\$8$. В результате получим 0,07. Также скопируем формулу на весь диапазон столбца «F». Для получения вспомогательных данных по истории продаж введем в ячейку: «G3»: $=D3/D\$8$. В результате у нас получится 0,48. Скопируем на весь столбец. Столбцы: «Н» (формула расчета 12), «I», «J» заполняются по подобным формулам «Примера 2», меняется только диапазон.

В соответствии с данным методом очередность распределения ресурсов будет следующей: «ПР2,ПР3,ПР4,ПР5,ПР1». Полученный вариант формирования очереди не только «гармонизирует» показатели при сравнении друг с другом, но и при формировании общего взвешенного индекса.

Следует отметить, что число показателей в многокритериальной модели может быть расширено. В то же время, увеличивая количество показателей существует риск «ослабления» роли каждого из них в модели. В таком случае потребуются более тщательный анализ при установлении коэффициентов значимости (важности).

Многокритериальная оптимизация с использованием метода свертывания критериев демонстрирует большую сбалансированность, устраняя различия в используемых критериях, выявленных в предыдущем методе («Пример 2»). Комбинация 3 критериев: объема заявки, коэффициента оборачиваемости и истории продаж с применением описанных выше процедур многокритериальной оптимизации позволяет рационально сформировать последовательность (очередь), в соответствии с которой будет осуществляться распределение ресурсов между одним центром (например, складом) и несколькими потребителями (торговыми объектами, магазинами).

Таким образом, использование рассмотренных выше алгоритмов позволяет повысить функциональность и эффективность системы ресурсного распределения между структурными подразделениями компании, снизить риски нерационального получения ресурсов потребителями, более эффективно планировать логистические процессы.

1. Бережная Е.В., Бережной В.И. Математические методы моделирования экономических систем: Учеб. Пособие. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 432 с.:
2. Материалы портала по Excel [Электронный ресурс] URL: <https://www.planetaexcel.ru/>
3. Справка по Excel [Электронный ресурс] URL: <https://support.office.com/>
4. Шишкин Е.В., Чхартишвили А.Г. Математические методы и модели в управлении. Дело, М. 2000