УДК 156.6

МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В ПРОИЗВОДСТВО

В.П. Григорьев, В.Н. Калюта, К.А. Киселев

Томский политехнический университет
E-mail: jam@am.tpu.ru

Для управления производством предприятия построена математическая модель оптимального распределения ресурсов. Сформулирован критерий оптимизации, отражающий минимальное отклонение от нормативов. Разработано алгоритмическое и программное обеспечение. На примере данных предприятия пищевой промышленности проведено тестирование.

Введение

В условиях рыночной экономики эффективное функционирование предприятия зависит от ряда факторов. В частности одним из важных вопросов является учет отпущенных в производство ресурсов и оперативная замена одних ресурсов другими с минимальными затратами. Организация этого процесса на существующих предприятиях достаточно сложна. Так контроль остатков сырья на складе может осуществляться только с определенной периодичностью, например, в конце каждого месяца проведением инвентаризации. Если же суммировать количество ресурсов на складе в начале и конце отчетного периода и текущие поступления сырья на склад, то фактически известной является лишь информация о том, какое количество ресурсов было потрачено за отчетный период производства всего. Но для проведения адекватного анализа менеджменту предприятия необходимо знать, сколько сырья было затрачено в каждом цикле производства, на каждую выпускаемую продукцию. Необходимо учитывать и тот факт, что в производстве может происходить неконтролируемое нарушение рецептурных норм расхода, а ресурсы в рамках одной продуктовой группы могут заменять друг друга.

Существующая в настоящее время методика учета сырья, сочетающая использование стандартного программного обеспечения и ручной счет требует значительных временных и трудовых затрат, а так же не дает оптимального распределения ресурсов. Поэтому представляет интерес разработать оптимизационную модель с выбором критерия оптимальности, наиболее полно отражающим цели производителя. А также написать программу, реализующую алгоритм решения поставленной проблемы.

В данной статье представлены результаты по разработке оптимизационной математической модели распределения ресурсов и проведению численного моделирования этого процесса на разработанном программном обеспечении. Программное обеспечение реализовано в среде визуального программирования Delphi 7 [1].

Математическая модель

Входными параметрами модели являются данные внутренней производственной отчетности за отчетный период: объемы выпущенных товаров по циклам производства, объемы текущих закупок сырья по циклам производства на склад, отчеты по проведенным инвентаризациям до и после отчетного периода, рецептурные нормы расходов ресурсов, коэффициенты взаимозаменяемости ресурсов внутри каждой продуктовой группы.

Все ресурсы предприятия разбиваются на несколько продуктовых групп. При этом ресурсы одной группы могут заменять друг друга согласно коэффициентам взаимозаменяемости при отсутствии того или иного ресурса.

Взаимозаменяемость и распределение ресурсов отражены в табл. 1.

Здесь m, n – соответственно количество используемых в производстве видов ресурсов и количество видов выпускаемой продукции; $X_i(t)$ – количество ресурса i, которое может быть использовано в момент t; $Z_k(t)$ – объем агрегата, скомбинированного из всех ресурсов с учетом коэффициентов взаимозаменяемости α_{ik}, который является эквивалентом ингредиента $X_k(t)$; $x_{ik}(t)$ – коэффициент матрицы перераспределения ресурсов, обозначающий количество i-ого ресурса заменяющего k-ый в момент t; $Y_j(t)$ – количество готовой продукции j-ого вида, выпущенной в момент t, β_{kj} – элемент матрицы нормативных расходов, где $i,k=\overline{1,m}$, $t=\overline{1,T}$.

Таблица 1. *Схема распределения ресурсов*

		Комбинированные ресурсы							
		$Z_1(t)$	$Z_2(t)$	...	$Z_k(t)$	...	$Z_m(t)$		
Чистые ресурсы	$X_1(t)$	$\alpha_{11}x_{11}(t)$	$\alpha_{12}x_{12}(t)$		$\alpha_{1k}x_{1k}(t)$		$\alpha_{1m}x_{1m}(t)$		
	$X_2(t)$	$\alpha_{21}x_{21}(t)$	$\alpha_{22}x_{22}(t)$		$\alpha_{2k}x_{2k}(t)$		$\alpha_{2m}x_{2m}(t)$		
	…								
	$X_i(t)$	$\alpha_{i1}x_{i1}(t)$	$\alpha_{i2}x_{i2}(t)$		$\alpha_{ik}x_{ik}(t)$		$\alpha_{im}x_{im}(t)$		
	…								
	$X_m(t)$	$\alpha_{m1}x_{m1}(t)$	$\alpha_{m2}x_{m2}(t)$		$\alpha_{mk}x_{mk}(t)$		$\alpha_{mm}x_{mm}(t)$		
		β_{11}	β_{21}		β_{k1}		β_{m1}	$Y_1(t)$	Товары
		β_{12}	β_{22}		β_{k2}		β_{m2}	$Y_2(t)$	
								…	
		β_{1j}	β_{2j}		β_{kj}		β_{mj}	$Y_j(t)$	
								…	
		β_{1n}	β_{2n}		β_{kn}		β_{mn}	$Y_n(t)$	

Учитывая ограничения, связанные с тем, что в каждый момент времени имеется ограниченное количество ресурсов $X_i(t)=\sum_{k=1}^{m} x_{ik}(t)$, которое можно использовать и проводя суммирование по элементам k-ого столбца табл. 1, запишем систему балансовых уравнений, описывающих расход ресурсов и выпуск продукции:

$$\sum_{j=1}^{n}\beta_{kj}\,Y_j(t)=\sum_{i=1}^{m}\alpha_{ik}\;x_{ik}(t)=Z_k(t),\; k=\overline{1,m},\; t=\overline{1,T}, \quad (1)$$

$$\sum_{k=1}^{m}x_{ik}(t)\le \tilde{X}_i(0)+\sum_{\tau=1}^{t}\tilde{X}_i(\tau)-\sum_{\tau=1}^{t-1}X_i(\tau),\; i=\overline{1,m}, \quad (2)$$

Наличие сырья на складе, представленное правой частью системы неравенств (2), складывается из следующих величин: $\tilde{X}_i(0)$ – некоторый объем ресурса i, который остался на складе с предыдущего периода (после последней инвентаризации); $\sum_{\tau=1}^{t}\tilde{X}_i(\tau)$ – суммарное количество ресурса i, закупленного предприятием в текущем периоде до момента производства t; $\sum_{\tau=1}^{t-1}X_i(\tau)$ – количество ресурса i, которое было израсходовано в предыдущие моменты производства текущего периода.

Раскроем смысл матрицы коэффициентов взаимозаменяемости $\{\alpha_{ik}\}$, $i,k=\overline{1,m}$. Элементы матрицы α_{ik} – коэффициенты пропорциональности, устанавливающие соотношения эквивалентности между всеми ингредиентами. Если ингредиенты входят в разные продуктовые группы, то есть они не взаимозаменяемы, то соответствующие этим ресурсам коэффициенты пропорциональности равны нулю. В этом случае матрица $\{\alpha_{ik}\}$, $i,k=\overline{1,m}$ сводится к единичной матрице. Нетрудно получить, что при этом $Z(t)=X(t)$ и в производство будут отпускаться ресурсы $X_i(t)$, $i=\overline{1,m}$ в чистом виде.

В любой момент времени (цикл производства) отклонения израсходованных ресурсов от плановых нормативов должны быть минимальными. Это условие можно описать выражением вида:

$$W=\sum_{k=1}^{m}[\sum_{i=1}^{m}\alpha_{ik}\;x_{ik}(t)-\sum_{j=1}^{n}\beta_{kj}\;Y_j(t)]\to\min,\; t=1...T. \quad (3)$$

Таким образом, мы имеем задачу линейного программирования с ограничениями (1, 2) и целевой функцией W, ур. (3).

Решением оптимизационной задачи является матрица перераспределения ресурсов $\{x_{ik}(t)\}$, где $i,k=\overline{1,m}$, $t=\overline{1,T}$. Задача решается пошагово в дискретном времени. В данном случае в качестве дискретного времени t выступают разовые циклы производства продукции текущего периода производства, т.е. $t=\overline{1,T}$, где T – количество циклов выпуска продукции в текущем периоде. На начальном этапе строится матрица $\{x_{ik}(t)\}$ для первого момента производства, и решается оптимизационная задача, ур. (1–3). Задача линейного программирования, ур. (1–3), решается симплекс-методом с использованием табличного алгоритма замены базисных переменных [2]. Затем рассчитываются промежуточные остатки на складе. В следующем расчетном цикле эти остатки являются входными параметрами. Далее аналогичным образом решается оптимизационная задача, ур. (1–3), до $t=T$. После последнего цикла расчетные остатки на складе должны совпадать с теми, которые получены в результате проведения на предприятии инвентаризации. Полученная матрица $\{x_{ik}(t)\}$, $i,k=\overline{1,m}$, $t=\overline{1,T}$ удовлетворяет условиям, ур. (1, 2). Отметим, что линейная модель не учитывает условие равенства расчетных конечных остатков ресурсов остаткам, полученным в результате проведения инвентаризации на складе. Оставаясь в рамках линейной модели, это условие можно заменить разработанной логической схемой, которая разносит перерасход или недостачу комбинированного ресурса по циклам выпуска продукции методом пропорций. То есть, общая сумма отклонения разносится по циклам согласно доле ресурса, который был потрачен на эту дату относительно объема ресурса израсходованного за весь отчетный период.

Затем по рассчитанной матрице $\{x_{ik}(t)\}$, $i,k=\overline{1,m}$, $t=\overline{1,T}$ и формуле

$$\hat{y}_{kj}(t)=\frac{x_{ik}(t)\,\beta_{kj}\;Y_j(t)}{\sum_{j=1}^{n}\beta_{kj}\;Y_j(t)},$$

где $\hat{y}_{kj}(t)$ – расчетное количество комбинированного ресурса k, отпущенное на производство продукции вида j, строится таблица распределения комбинированных ресурсов для выпускаемых товаров.

По описанному выше алгоритму создано программное обеспечение, с помощью которого проведено тестирование оптимизационной модели. Для тестирования модели и численных расчетов использовались стандартные нормы расходов и взаимозаменяемости ингредиентов, динамика закупок сырьевых ресурсов (табл. 2) и динамика выпуска продукции (табл. 3). В табл. 4 представлены результаты вычислений, отражающие оптимальное распределение ресурсов по готовой продукции с учетом равенства расчетных и инвентаризационных остатков на складе для третьего ($t3$) цикла производства.

***Таблица 2.** Поступление ресурсов (сырья, X) на склад по датам*

Дата, t	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
$t0$	100	0	0	0	0	500	20	0	0
$t1$	200	0	250	100	100	500	120	0	40
$t2$	130	0	0	50	100	0	50	50	0
$t3$	200	0	0	50	100	500	200	0	10
Итого	630	0	250	200	300	1500	390	50	50

***Таблица 3.** Выпуск продукции, усл. ед., по датам*

Дата, t	Продукция				
	A	*B*	*C*	*D*	*E*
$t1$	100	100	1000	–	–
$t2$	–	–	1000	100	200
$t3$	100	200	–	200	–

Из анализа результатов моделирования и их сравнения с существующей методикой можно сделать вывод, что разработанная математическая модель достаточно хорошо описывает процесс распределения ресурсов и имеет преимущество как по точности результатов, так по степени автоматизации.

***Таблица 4.** Расчетный расход за третий цикл производства*

Сырье, *X*	Остаток	Приход	Продукция					Расчетный расход	Остаток
			A	*B*	*C*	*D*	*E*		
I	0	200	33,3	66,7	0	100	0	200	0
II	0	0	0	0	0	0	0	0	0
III	49,6	0	0	0	0	0	0	0	49,6
IV	0	50	5,6	22,2	0	22,2	0	50	0
V	0	100	11,1	44,4	0	44,4	0	100	0
VI	0	500	100	200	0	200	0	500	0
VII	0	200	50	100	0	50	0	200	0
VIII	50	0	10	20	0	20	0	50	0
IX	5	10	3	6	0	6	0	15	0

В итоге, представленная модель и созданное на ее основе программное обеспечение позволяют оптимизировать распределение ресурсов с оперативной заменой недостающих, что обеспечивает менеджмент предприятия адекватными данными о положении дел в производстве; значительно повысить скорость обработки информации и надежность вычислений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Delphi. Программирование на языке высокого уровня: Учебник для вузов / В.В. Фаронов. – СПб.: Питер, 2003. – 640 с.
2. Вентцель Е.С. Исследование операций. – М.: Советское радио, 1972. – 552 с.

УДК 331.5

ПРОГНОЗ НА РЫНКЕ ТРУДА ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Г.А. Алехина, А.Ю. Чекунов

Томский политехнический университет

E-mail: economics@ tpu.ru

Экономическое развитие и ускоренный рост производств обуславливается механизмом, базирующимся в первую очередь на использовании локальных преимуществ высококвалифицированного персонала («человеческого капитала»). Это стало возможным при использовании технологий, где большая часть вновь создаваемой стоимости приходится на человеческий интеллект. Поэтому решению задачи эффективного использования интеллектуальных трудовых ресурсов должна сопутствовать подготовка специалистов для обеспечения потребности наукоемких, инновационных предприятий, что требует создания системы прогнозирования потребности в кадрах высшей профессиональной квалификации.

Исследование по проекту «Прогноз потребности инновационных предприятий г. Томска в специалистах с высшим профессиональным образованием» было проведено по заказу Областной Администрации Томской области совместно с Томской ассоциацией научно-образовательных учреждений «Межведомственный научно-образовательный центр» (ассоциация НОУ «МНОЦ») в 2004 г. с целью создания благоприятных условий по подготовке кадров для инновационных предприятий, что отвечает стратегическим приоритетам инновационного развития Томской области в среднесрочной перспективе. В результате подготовки востребованных квалифицированных специалистов можно ожидать ускорение развития приоритетных отраслей региональной экономики.

Актуальность проблемы для системы высшей школы

В системе высшего и среднего профессионального образования результаты прогнозирования потребностей в подготовке квалифицированных специалистов для инновационной сферы позволяют решить задачу изменения профессионально-квалификационной структуры подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров высшей квалификации для обеспечения соответствия требованиям региональной экономики.

Механизм взаимодействия с реальным сектором экономики в системе прогнозирования потребности в специалистах позволит повысить мотивацию предприятий к организации эффективной кадровой службы.