УДК 69.06:658.012

Особенности оценки экономических показателей проектов при реконструкции зданий и сооружений

Радкевич А.В.
Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна, г. Днепропетровск

При реконструкции зданий и сооружений в большинстве случаев нарушаются плановые сроки проведения работ. В статье решается вопрос минимизации усилий на реконструкцию зданий и сооружений, производится уяснение их экономической сути. С помощью установленных переменных величин X_{ij} мы получили режим выполнения работ, при которых соблюдаются заданные сроки проведения работ.

Введение

Для уяснения экономической сути решений, полученных в результате выбора оптимальных вариантов режимов производства работ, анализ целесообразно и наглядно проводить в табличной форме. Во-первых, приведены результаты изменения функций цели $\boldsymbol{L}\ (x)$ и $\boldsymbol{Z}\ (f)$ для подтверждения в данном случае правильности решения по итерациям, а во-вторых, необходимо также иметь динамику приращения исполнителей при сокращении сроков от $\boldsymbol{T} = 35$ до $\boldsymbol{T}_{задан} = 24$, чтобы показать наглядно протекание процессов аналитически и графически, что отвечает принципу «лучше один раз увидеть...», при этом не требуется убеждать в том, что оптимальные решения хороши, поскольку они что-то дают, здесь очевидно без слов.

Результаты исследований

Экономический анализ конечной итерации (оптимального решения) приведен в таблице 1. Результаты итерации, отражающие изменения значения целевой функции $L(x)$ и $Z(x)$ — двойственной приведены в таблице 2. Отметим, что величина, характеризующая количественные изменения, происходящие в модели (системе, проекте) на путях движения к цели, называется критерием оптимальности. На приведенном примере имеется возможность проследить за изменениями не только $L(x)$ в явном ее виде, но и за ее отражением в $S D n_{ij}$ — минимизация привлечения суммарных трудовых ресурсов при соблюдении $T_з$.

Целевая функция прямой задачи $L(x) = S C_{ij} x_{ij} = 244$ чел.-дн., привлечение исполнителей с учетом выбора решения на основе оптимизации процесса — $S D n_{ij} = S C_{ij} D_{ij} - S C_{ij} x_{ij} = 312 - 244 = 68$ чел.-дн.

В традиционных методах планирования привлечение исполнителей составляет 109 чел.-дн. — 100 % , а в оптимальном решении — 62,4 %.

Двойственная задача. Целевая функция

$$Z(f) = TV + S D_{ij}\, g_{ij} - S d_{ij}\, d_{ij} - min.$$

Как указано ранее, V — двойственная переменная, T — это суммарный поток, выходящий из источника, т.е. из события

$$U_{101}: V = f_{101-102} + f_{101-103} = 6 + 7 = 13,$$

или то же самое, что поток, входящий в источник (конечное n-*ое* событие, $U_n = 106$),

$$V = f_{104-106} + f_{105-106} = 8 + 5 = 13.$$

Как видно из примера, условие сохранения потока соблюдается в каждом событии (сколько единиц потока входит в промежуточное событие, столько выходит из него).

Двойственные переменные оценок D_{ij} Ю g_{ij}, d_{ij} Ю d_{ij}.

Они определяются следующим образом. Поскольку D_{ij} № d_{ij}, то g_{ij} і 0 в случае, если $x_{ij} = D_{ij}$, при этом $d_{ij} = 0$ и g_{ii} і 0. в случае, если $x_{ij} = d_{ij}$, при этом $g_{ij} = 0$.

Если $\boldsymbol{d}_{ij} < \boldsymbol{x}_{ij} < \boldsymbol{D}_{ij}$, *то* $g_{ij} = d_{ij} = 0$. На основе приведенных выражений и рассуждений и по данным таблице 1 целевая функция двойственной задачи составляет

$$\boldsymbol{Z}\,(\boldsymbol{f}) = 24 \cdot 13 + 8 - 76 = 312 + 8 - 76 = 244$$

Таблица 1 — Экономический анализ решения

i,j	d_{ij}	D_{ij}	x_{ij}	C_{ij}	f_{ij}	$C_{ij}x_{ij}$	$C_{ij}D_{ij}$	$C_{ij}d_{ij}$	γ_{ij}	δ_{ij}	$\gamma_{ij}\,D_{ij}$	$\delta_{i\,j}d_{ij}$
101-102	4	8	4	3	7	12	24	12	2	4		16
101-103	6	10	6	2	6	12	20	12		4		24
102-104	7	12	11	4	4	44	48	28				
102-105	8	12	10	3	3	30	36	24				
103-104	9	12	9	4	4	36	48	36				
103-105	5	8	8	3	2	24	24	15	1		8	
104-106	9	13	9	4	8	36	52	36		4		36
105-106	8	12	10	5	5	50	60	40				
						244	312	203			8	76

При сравнении $\boldsymbol{Z}\,(\boldsymbol{f})$ и $\boldsymbol{L}\,(\boldsymbol{x})$ видно, что задача решена верно и никаких других соображений не появляется, кроме одного, если целевые функции равны, то переменные, соответствующие им, имеют оптимальное значение. Двойственные оценки определяются следующим образом.

По работе $(101 - 102)\ \boldsymbol{x}_{101-102} = 4 = \boldsymbol{d}_{101-102}$, поэтому $g_{101-102} = 0$,

а $d_{101-102} = max\,(0\,, \boldsymbol{f}_{101-102} - \boldsymbol{C}_{101-102}) = max\,(0,\,7-3\,) = 4$.

По работе $(101-103)\ \boldsymbol{x}_{101\text{-}103} = 6 = \boldsymbol{d}_{101\text{-}103}$, поэтому $g_{101\text{-}103} = 0$,

а $d_{101-103} = max\,(0\,, \boldsymbol{f}_{101-103} - \boldsymbol{C}_{101-103}) = max\,(0,\,6-2\,) = 4$.

По работе $(102-104)\ \boldsymbol{x}_{102-104} = 11\ ,\ 7\ J\ \boldsymbol{x}_{102-104}\ J\ 12,$

поэтому $g_{102-104} = d_{102-104} = 0.$

По работе $(102 - 105)\ \boldsymbol{x}_{102-105} = 10,8\ J\ \boldsymbol{x}_{102-105}\ J\ 12,$
поэтому $g_{102-105} = d_{102-105} = 0.$

По работе $(103 - 104)\ \boldsymbol{x}_{103-104} = 9 = \boldsymbol{d}_{103-104}$, поэтому $g_{103-104} = 0$,
а $d_{103-104} = max\ (0, \boldsymbol{f}_{103-104} - \boldsymbol{C}_{103-104}) = max\ (0, 4 - 4) = 0.$

По работе $(103 - 105)\ \boldsymbol{x}_{103-105} = 8 = \boldsymbol{D}_{103-105}$, поэтому $d_{103-105} = 0,$
а $g_{103-105} = max\ (0, \boldsymbol{C}_{103-105} - \boldsymbol{f}_{103-105}) = max\ (0, 3 - 2) = 1.$

По работе $(104 - 106)\ \boldsymbol{x}_{104-106} = 9 = \boldsymbol{d}_{104-106}$, поэтому $g_{104-106} = 0$,
а $d_{104-106} = max\ (0, \boldsymbol{f}_{104-106} - \boldsymbol{C}_{104-106}) = max\ (0, 8 - 4) = 4.$

По работе $(105 - 106)\ \boldsymbol{x}_{105-106} = 10,8\ J\ \boldsymbol{x}_{105-106}\ J\ 12,$
поэтому $g_{105-106} = d_{105-106} = 0.$

При определенных навыках определение двойственных переменных g_{ij}, d_{ij} не представляет непреодолимых трудностей. Результат решения двойственной задачи (оценки $\boldsymbol{f}_{ij}$) неотъемлем от нахождения прямых оценок $\boldsymbol{x}_{ij}$ независимо от метода решения, например, в симплекс-методе эти переменные получаются в строке двойственных оценок.

Знакомство с методами решения задач линейного программирования показывает, что потоковые алгоритмы, основанные на идее специальной пометки событий, имеют существенное преимущество перед другими алгоритмами. Кроме того, наглядна и обозрима физическая и экономическая интерпретация задач. Кажущаяся трудность в усвоении алгоритма заключается в том, что в своем большинстве отсутствуют навыки и знания по линейной алгебре, в отсутствии умений транспонировать матрицы и закономерностей преобразования (постановок) прямых и двойственных задач линейного программирования.

Таблица 2 — Сводка результатов по итерациям

N п/п	Код работ (i, j)	$T^1_{106} = 35$				$T^2_{106} = 33$				$T^3_{106} = 32$				$T^4_{106} = 30$			
		f_{ij}	γ_{ij}	δ_{ij}	x_{ij}	f_{ij}	γ_{ij}	δ_{ij}	x_{ij}	f_{ij}	γ_{ij}	δ_{ij}	x_{ij}	f_{ij}	γ_{ij}	δ_{ij}	x_{ij}
1	101-102	0	3	0	8	2	1	0	8	3	0	0	8	3	0	0	6
2	101-103	2	0	0	10	2	0	0	8	2	0	0	8	4	0	2	6
3	102-104	0	4	0	12	2	2	0	12	2	2	0	12	0	4	0	12
4	102-105	0	3	0	12	0	3	0	12	1	2	0	12	3	0	0	12
5	103-104	2	2	0	12	2	2	0	12	2	2	0	12	4	0	0	12
6	103-105	0	3	0	8	0	3	0	8	0	3	0	8	0	3	0	8
7	104-106	2	2	0	13	4	0	0	13	4	0	0	12	4	0	0	12
8	105-106	0	5	0	12	0	5	0	12	1	4	0	12	3	2	0	12
Значение целевой функции по итерациям составляет																	
		$\mathbf{L(x)} = \Sigma\, \mathbf{C}_{ij}\mathbf{x}_{ij} = 312$				$\mathbf{L(x)} = 308$				$\mathbf{L(x)} = 304$				$\mathbf{L(x)} = 294$			
Значение целевой функции двойственной задачи по итерациям составляет																	
		$\mathbf{Z(f)} = 35*2 + 242 = 312$				$\mathbf{Z(f)} = 33*4 + 176 = 308$				$\mathbf{Z(f)} = 32*5 + 144 = 304$				$\mathbf{Z(f)} = 30*7 + 96 - 2 = {}$ $= 294$			
Прирост исполнителей составляет по ит ерациям в прямой задаче $\Sigma\, \mathbf{n}_{ij} = \Sigma\, \mathbf{D}_{ij}\, \mathbf{C}_{ij} - \Sigma\, \mathbf{C}_{ij}\mathbf{x}_{ij}$																	
		$\Sigma\Delta\mathbf{n}^1_{ij} = 312 - 312 = 0$				$\Sigma\Delta\mathbf{n}^2_{ij} = 312 - 308 = 4$				$\Sigma\Delta\mathbf{n}^3_{ij} = 312 - 304 = 8$				$\Sigma\Delta\mathbf{n}^4_{ij} = 312 - 294 = 18$			
Соответствующее значение в двойственной задаче $\mathbf{f}_{i\,106}$ $\mathbf{T_i}$																	
		$\mathbf{F}^1 = 0$				$\mathbf{F}^2 = (\mathbf{f}_{104-106} + \mathbf{f}_{105-106})$ $\Delta\mathbf{T}_1 = (2 + 0)\ 2 = 4$				$\mathbf{F}^3 = (4 + 0)*1 = {}$ $= 4 + \mathbf{F}^2 = 8$				$\mathbf{F}^4 = (4 + 1)*2 + \mathbf{F}^3 = 18$			

Продолжение таблицы 2

N п/п	$T^5_{106} = 28$				$T^6_{106} = 26$				$T^7_{106} = 25$				$T^8_{106} = 24$
	f_{ij}	γ_{ij}	δ_{ij}	x_{ij}	f_{ij}	γ_{ij}	δ_{ij}	x_{ij}	f_{ij}	γ_{ij}	δ_{ij}	x_{ij}	
1	3	0	0	4	3	0	0	4	7	0	4	4	Этот вариант детально рассмотрен ранее и его результаты приведены в таблице 1
2	4	0	2	6	6	0	4	6	6	0	4	6	
3	0	4	0	12	0	4	0	12	4	0	0	12	
4	3	0	0	12	3	0	0	10	3	0	0	10	
5	4	0	0	10	4	0	0	10	4	0	0	10	
6	0	3	0	8	2	1	0	8	2	0	0	8	
7	4	0	0	12	4	0	0	10	8	1	4	9	
8	3	2	0	12	5	0	0	0	5	0	0	11	
$\mathbf{L(x)} = 280$					$\mathbf{L(x)} = 266$				$\mathbf{L(x)} = 257$				$\mathbf{L(x)} = 244$
$\mathbf{Z(f)} = 28 * 7 + 96 - 12 = 280$					$\mathbf{Z(f)} = 26 * 9 + 56 - 4 = 266$				$\mathbf{Z(f)} = 25 * 13 + 8 - 76 = 257$				$\mathbf{Z(f)} = 24 * 13 + 8 - -76 = 244$
$\Sigma\Delta \mathbf{n}^5_{ij} = 312 - 280 = 32$					$\Sigma\Delta \mathbf{n}^6_{ij} = 312 - 266 = 46$				$\Sigma\Delta \mathbf{n}^7_{ij} = 312 - 257 = 55$				$\Sigma\Delta \mathbf{n}^8_{ij} = 312 - 244 = 68$
$\mathbf{F}^5 = (4 + 3) * 2 + 18 = 32$					$\mathbf{F}^6 = (4 + 3) * 2 + 32 = 46$				$\mathbf{F}^7 = (4 + 5) * 1 + 46 = 55$				$\mathbf{F}^8 = (8 + 5) * 1 + 55 = 68$

Вывод

Для практической работы знание алгоритма пометок может оказать содействие в объективной оценке ситуации по сдаче объектов в эксплуатацию.

Так, если объект возводится с нарушением сроков как заданных , так и плановых, то на любой его стадии можно выработать решение, минимизирующее усилия на его возведение. Это осуществляется следующим образом. Определяются остаточные объемы работ и их трудоемкость, устанавливаются возможные технологические режимы производства в нормальных условиях и ускоренные. На основе процедуры расстановки пометок определяем решение, в котором $\boldsymbol{T_n}$ $\boldsymbol{J\,Tз}$. Что значит определить решение задачи в данном случае? Это означает, что установлены те переменные величины $\boldsymbol{x}_{ij}$ максимизирующие (минимизирующие) целевую функцию $\boldsymbol{L(x)}$**.** Таким образом, определив неизвестные $\boldsymbol{x}_{ij}$, мы этим самым получаем экстремальное значение целевой функции, в нашем примере для прямой задачи

$$\boldsymbol{L\,(x) = S\ C_{ij}\,x_{ij}} - max$$

и для двойственной

$$\boldsymbol{Z\,(f) = TV} + S\,\boldsymbol{D}_{ij}\,g_{ij} - S\,\boldsymbol{d}_{ij}\,d_{ij} - \ min.$$

Значения $\boldsymbol{x}_{ij}$ означают режим выполнения работ $\boldsymbol{(i, j)}\ O\ \boldsymbol{A}$**,** при которых соблюдается заданный срок реализации проекта, а усилия на достижение цели будут минимальными.

Перелік посилань

1. **Авдеев Ю. А.** Выработка и анализ плановых решений в сложных проектах (опыт разработки АСУ в строительстве). — М.: Экономика, 1971. — 96 с.
2. **Голенко Д. И.** Статистические модели в управлении производством / Под. ред. Н. П. Бусленко.— М.: Статистика, 1973. — 400 с.
3. **Гусаков А. А.** Системотехника в строительстве / Предисловие Г. С.Поспелова.— М.: Стройиздат, 1993. — 440 с.
4. **Исследование операций**: В 2: / Перев. с англ. / Под ред. Дж.Маудера, С. Э. Амаграби. — М.: Мир, 1981.
   Т. 1: Методологические основы и математические методы. — 712 с.
   Т. 2: Модели и применение. — 677 с.
5. **Йенсен П., Барнес Д.** Потоковое программирование: Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1984. — 392 с.

6. **Оре О.** Теория графов.— 2-е изд.— М.: Наука, 1980. — 336 с.
7. **Павлов И. Д.** Модели управления проектами: Учеб.пособие. — Запорожье.: ЗГИА, 1999.— 316 с.
8. **СНиП.** Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений. СНиП 1.04.03 — 85. — М.: Стройиздат, 1987. — 552 с.
9. **Таха Х.** Введение в исследования операций: В 2 кн.— М.: Мир, 1985. Кн. 1. — 471 с.; Кн. 2. — 496 с.
10. **Филлипс Д., Гарсиа-Диас А.** Методы анализа сетей: Пер. с англ. — М.: Мир, 1984. — 496 с.
11. **Форд Л. Р., Фалкерсон Д.** Потоки в сетях: Пер. с англ. И. А. Вайнштейна. — М.: Мир, 1966. — 276 с.