

АЕРОПОРТИ ТА ЇХ ІНФРАСТРУКТУРА

УДК 620.192.67

H60+B152.23

А. Андрушкявичюс

Р. Гинявичюс

Э.К. Завадскас, д-р техн. наук

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЧЕРЕДНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, Литва,
e-mail: edmundas.zavadskas@adm.vtu.lt

Разработана методика моделирования очередности выполнения технологических процессов в строительстве с учетом возможностей нахождения компромиссных решений при одновременном сокращении продолжительности строительства и количества рабочих, повышении производительности труда и снижении стоимости строительства.

Введение

Организация строительного производства как функция деятельности управляющего органа строительного предприятия создает объективную основу для обеспечения планомерной равномерной работы производственных подразделений в течение определенного периода. От организации предприятия зависит:

- эффективность загрузки строительной техники и рабочих кадров;
- ритмичность (равномерность) выполнения строительно-монтажных работ;
- сдача объектов в назначенные сроки.

К важнейшим направлениям деятельности строительного предприятия и организации производства относится обеспечение:

- рациональной специализации и мощности производственных подразделений [1];
- пропорциональной сбалансированности мощностей производственных подразделений для выполнения намеченной программы [2];
- временных и пространственных параметров взаимодействия специализированных подразделений в процессе выполнения программы, т.е. последовательности и продолжительности работ, степени их совмещения с целью непрерывной производительной работы подразделений и возведения объектов в нормативные сроки [3].

Результатом реализации перечисленных мероприятий являются:

- непрерывная производительная работа подразделений строительного предприятия;
- равномерное потребление материальных ресурсов в течение всего рассматриваемого периода;
- возведение объектов в нормативные сроки.

Эти результаты организации строительного производства можно количественно измерить с помощью ряда показателей.

Решению перечисленных задач посвящены работы [1–3].

Постановка задачи

При использовании принципов поточного строительства весь объем работ необходимо расчленить на частные потоки. Скорость выполнения работ, т.е. ритм потока, зависит от рационального распределения трудовых и материальных ресурсов, которое, в свою очередь, зависит от выбора рационального варианта очередности выполнения технологических процессов.

Для выбора рационального варианта очередности с использованием методов многоцелевой оптимизации формируется матрица связей C между технологическими процессами (табл. 1):

$$k = \overline{1, l}.$$

В случае, если технологический процесс k может выполняться раньше $k \pm 1$, в матрице проставляется единица, в противоположном случае – ноль.

Далее составляется матрица возможных вариантов перестановок Π технологических процессов (табл. 2):

$$\pi = \overline{1}.$$

Используя информацию из матрицы связей C и Π , составляем окончательную матрицу V технологически возможных вариантов (табл. 3).

Расчет показателей эффективности, характеризующих организационные и технологические характеристики отдельных вариантов i ($i = \overline{1, m}$), выполняем по следующим выражениям [4]:

Таблица 1

Матрица С

Вариант	1	2	3	...	k	...	l
1	-	1	1	...	0	...	l
2	0	-	0	...	1	...	1
3	0	1	-	...	0	...	0
⋮	⋮	⋮	⋮	-	⋮	⋮	⋮
k	1	0	1	...	-	...	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	-	⋮
l	0	0	1	...	0	...	-

Таблица 2

Матрица П

Вариант перестановок	1	2	3	...	k	...	l
1	1	2	3	...	k	...	l
2	2	1	3	...	k	...	l
3	3	1	2	...	k	...	l
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
k	k	1	2	...	k-1	...	l
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
π	l	l-1	l-2	...	l-k	...	l

Таблица 3

Матрица В

Вариант очередности	Очередность выполнения процессов						
	2	1	3	...	k	...	l
1	2	1	3	...	k	...	l
2	3	1	2	...	k	...	l
3	3	2	1	...	k	...	l
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
i	3	2	1	...	l	...	k
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
m	l	1	2	...	3	...	k

- темп объектного потока:

$$V = \frac{m}{T}, \tag{1}$$

где m - количество захваток; T - общая продолжительность строительства;

- производственная мощность потока:

$$W = \frac{F_{np}}{T}, \tag{2}$$

где F_{np} - приведенная площадь здания;

- производительность потока:

$$P = \frac{F_{np}}{Q}, \tag{3}$$

где Q - общие трудовозатраты;

- удельная трудоемкость возведения здания:

$$q = \frac{Q}{F_{np}}; \tag{4}$$

- продолжительность работ на одной захватке:

$$H = \frac{T}{m}; \tag{5}$$

- коэффициент совмещения работ:

$$K_c = \frac{\sum_{i=1}^m t_i - T}{\sum_{i=1}^m t_i - t_{max}}; \tag{6}$$

- коэффициент равномерного использования трудовых ресурсов в процессе строительства:

$$K_p = \frac{R_{\max}}{R_{\text{cp}}}, \quad (7)$$

где R_{cp} – среднее расчетное количество рабочих для всего периода строительства:

$$R_{\text{cp}} = \frac{Q}{T}. \quad (8)$$

Используя результаты расчетов по формулам (1) – (8), составляем матрицу P оценок вариантов очередностей выполнения технологических процессов – матрицу принятия решения (табл. 4).

В матрице

$$P = [X_{ij}] \quad (i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n})$$

показатели эффективности имеют различные размерности, поэтому матрицу P необходимо преобразовать в безразмерную матрицу \bar{P} следующим образом.

Матрица P дополняется еще одной строкой, в которую записываются лучшие из достигнутых значений показателей эффективности (минимальные или максимальные значения).

Матрицу P преобразовывают в матрицу $\bar{P} = [X_{ij}] \quad (i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n})$ —

по выражениям

$$\bar{X}_{ij} = \frac{X_{ij}^{\min}}{X_{ij}};$$

$$\bar{X}_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_{ij}^{\max}}.$$

Значения X_{ij}^{\min} и X_{ij}^{\max} являются лучшими из достигнутых. В результате преобразования формируется нормализованная матрица \bar{P} (табл. 5).

В тех случаях, когда известна величина весомости показателей эффективности

$$q_j, j = \overline{1, n}, \quad \sum_{j=1}^n q_j = 1,$$

выполняется перемножение соответствующих величин X_{ij} на величины q_j .

В результате формируется матрица (табл. 6):

$$\hat{P} = [q_j][\bar{X}_{ij}] = [-\hat{X}_{ij}], \quad i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}.$$

Таблица 4

Матрица P

Варианты очередности	Показатели эффективности						
	X_1	X_2	X_3	...	X_j	...	X_n
B_1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	...	X_{1j}	...	X_{1n}
B_2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	...	X_{2j}	...	X_{2n}
B_3	X_{31}	X_{32}	X_{33}	...	X_{3j}	...	X_{3n}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮⋮⋮	⋮	⋮⋮⋮	⋮
B_i	X_{i1}	X_{i2}	X_{i3}	...	X_{ij}	...	X_{in}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮⋮⋮	⋮	⋮⋮⋮	⋮
B_m	X_{m1}	X_{m2}	X_{m3}	...	X_{mj}	...	X_{mn}

Таблица 5

Матрица \bar{P}

Варианты очередности	Показатели эффективности						
	X_1	X_2	X_3	...	X_j	...	X_n
B_1	\bar{X}_{11}	\bar{X}_{12}	\bar{X}_{13}	...	\bar{X}_{1j}	...	\bar{X}_{1n}
B_2	\bar{X}_{21}	\bar{X}_{22}	\bar{X}_{23}	...	\bar{X}_{2j}	...	\bar{X}_{2n}
B_3	\bar{X}_{31}	\bar{X}_{32}	\bar{X}_{33}	...	\bar{X}_{3j}	...	\bar{X}_{3n}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮⋮⋮	⋮	⋮⋮⋮	⋮
B_i	\bar{X}_{i1}	\bar{X}_{i2}	\bar{X}_{i3}	...	\bar{X}_{ij}	...	\bar{X}_{in}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮⋮⋮	⋮	⋮⋮⋮	⋮
B_m	\bar{X}_{m1}	\bar{X}_{m2}	\bar{X}_{m3}	...	\bar{X}_{mj}	...	\bar{X}_{mn}

Таблиця 6

Матриця \hat{P}

Варианти очередности	Показатели эффективности						
	X_1	X_2	X_3	...	X_j	...	X_n
B_1	\hat{X}_{11}	\hat{X}_{12}	\hat{X}_{13}	...	\hat{X}_{1j}	...	\hat{X}_{1n}
B_2	\hat{X}_{21}	\hat{X}_{22}	\hat{X}_{23}	...	\hat{X}_{2j}	...	\hat{X}_{2n}
B_3	\hat{X}_{31}	\hat{X}_{32}	\hat{X}_{33}	...	\hat{X}_{3j}	...	\hat{X}_{3n}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	$\vdots \vdots \vdots$	\vdots	$\vdots \vdots \vdots$	\vdots
B_i	\hat{X}_{i1}	\hat{X}_{i2}	\hat{X}_{i3}	...	\hat{X}_{ij}	...	\hat{X}_{in}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	$\vdots \vdots \vdots$	\vdots	$\vdots \vdots \vdots$	\vdots
B_m	\hat{X}_{m1}	\hat{X}_{m2}	\hat{X}_{m3}	...	\hat{X}_{mj}	...	\hat{X}_{mn}

Величины весомости могут быть определены методами экспертных исследований или в некоторых случаях назначены непосредственно специалистом, принимающим решения [5].

Когда известны величины весомости определение наиболее рационального варианта очередности выполнения технологических процессов B_i ряд предпочтительности составляют с использованием критерия близости к идеальной точке $K_{\text{БИТ}_i}$ ($i = \overline{1, m}$) [6–11].

Чем ближе значение критерия $K_{\text{БИТ}_i}$ к единице, тем лучше вариант очередности выполнения технологических процессов.

По полученным величинам $K_{\text{БИТ}}$ строят ряд предпочтительности вариантов i ($i = \overline{1, m}$):

$$\{\vec{B}_i\} = \{\dots 1 \dots i \dots n \dots\}.$$

На основании ряда предпочтительности принимают наиболее приемлемый для реальных производственных условий вариант.

Предложенная методика позволяет решать задачи выбора рациональных вариантов очередности выполнения процессов как для строительства объектов, так и для формирования рациональных производственных заданий строительными управлениями, трестами или министерствами.

При отсутствии величин весомости решение задачи возможно с использованием методов теории игр [9].

Для решения задач в условиях неопределенности разработана система поддержки принятия решений, в которой решения принимают на основе критериев теории игр [12; 13].

Выводы

Разработанная методика моделирования очередности выполнения технологических процессов строительного производства позволяет осуществлять выбор наиболее рационального варианта на основе компромиссного решения.

При этом выбор лучшего варианта и построение ряда предпочтительности возможных вариантов осуществляют с учетом нескольких, как правило, разноразмерных показателей эффективности.

Многократное практическое использование разработанной методики доказало ее эффективность и перспективность.

Список литературы

1. Гинявичюс Р. Ситуационный анализ и формирование организационно-управленческих структур строительных организаций. – Вильнюс: Техника, 1996 (на лит. яз.).
2. Ручьев А.П. Оценка уровня организованности строительного производства // Изв. вузов. Строительство. – 1998. – № 6. – С. 70–72.
3. Kaplinski O. Modelling of construction processes // A managerial approach. – Warszawa, 1997.
4. Андрушкявичюс А., Садаускас В., Тамошайтис Р., Завадскас Э. Повышение ритмичности процессов в ремонтно-строительных организациях. – Вильнюс: ЛитНИИТИ, 1994 (на лит. яз.).
5. Завадскас Э., Каклаускас А., Гинявичюс Р. Повышение комплексной эффективности строительства // Proc. of Intern. Symposium "Modern Project Management". – Saint Petersburg, 1995. – P. 337–339.

6. *Hejducki Z., Mrozowisz J.* Stream methods of construction work organization: an introduction to the problem // *Engineering, Construction and Architectural Management*. – 2001. – Vol. 8, № 2. – P. 80–89.
7. *Hejducki Z.* Scheduling model of construction activity with time couplings // *Journal of Civil Engineering and Management*. – 2003. – Vol. 9, № 4. – P. 284–291.
8. *Афанасьев В.А.* Поточная организация строительства. – Л.: Стройиздат, 1990.
9. *Пелдиус Ф., Завадскас Э.К.* Матричные игры в технологии и управлении строительством. – Вильнюс: Техника, 1997 (на лит. яз.).
10. *Завадскас Э.К.* Комплексная оценка и выбор ресурсосберегающих решений в строительстве. – Вильнюс: Мокслас, 1987.
11. *Hwang C.L., Yoon K.* Multiple attribute decision making. Methods and Applications. Springer-Verlag. – Berlin, Heidelberg. New York, 1981.
12. *LEVI-3.0* Multiple criteria evaluation program for construction solution / *Э.К. Завадскас, Л. Устиновичиус, З. Турскис, Ф. а.о.* // *Journal of Civil Engineering and Management*. – 2002. – Vol. 8, № 3 – P. 184–191.
13. *Zavadskas E.K., Ustinovičius L., Peldschus F.* Development of software for multiple criteria evaluation // *Informatica*. – 2003. – Vol. 14, №.2. – P. 259–272.

Стаття надійшла до редакції 11.02.04.

А. Андрушкявічюс, Р. Гінявічюс, Е.К. Завадскас

Моделювання послідовності виконання технологічних процесів у будівництві

Розроблено методику моделювання послідовності виконання технологічних процесів у будівництві з урахуванням можливостей визначення компромісних рішень при одночасному скороченні тривалості будівництва і кількості працюючих, підвищення продуктивності праці та зниження вартості будівництва.

A. Andrushkjavicius, R. Ginevicius, E.K. Zavadskas

Modelling of the sequence of the technological process fulfillment in building construction

The tools for modelling of the sequence of the technological process fulfillment in building construction is developed with account on possibilities of compromising decisions and simultaneous decreasing of construction duration and cost, number of workers, increasing of productivity of the work.