

Genetische Algorithmen und ihre Anwendungen

Oleg Taraszow

GESELLSCHAFT FÜR MATHEMATIK
UND DATENVERARBEITUNG MBH

Forschungsinstitut für Rechner-
und Softwaretechnik

Rudower Chaussee 5
D-1199 Berlin

E-Mail: oleg.taraszow@gmd.de

Inhalt

1. Optimierung nach Prinzipien aus der Natur

- Genetische Algorithmen
- Evolutionsstrategien
- Simulated Annealing

2. Genetische Algorithmen

- Replication (creation)
- Recombination (gross-over)
- Mutation (randomization)
- Selection (goal orientation)

3. Anwendungen

- Automatic Parallelization / Compiler
- VLSI / Transputer
- Robotics / Manufacture
- Artificial Intelligence / Image Recognition
- Neural Networks
- Ecology / Medicine
- Combinatorial Optimization

Optimization

An optimization problem:

- configuration space S
- cost function $f : S \rightarrow R$

find $s_0 \in S$, where $f(s_0) = \min_{s \in S} f(s)$

- **Simulated Annealing**

- *initial configuration*
- *generation of a new configuration*
- *acceptation of the new configuration (Metropolis criterion)*
- *temperature schedule*

Simple Simulated Annealing Algorithm:

Initialization: Choose initial configuration S_{old} and calculate its cost E_{old}

WHILE NOT *stop* DO

BEGIN

Generation: Generate a new configuration S_{new} and calculate its cost E_{new}

Selection: Accept the new configuration with a certain probability (*Metropolis*)

$$P_{\text{accept}}(\Delta E) = \begin{cases} 1, & \text{if } \Delta E < 0 \\ \exp\left(-\frac{\Delta E}{T}\right), & \text{if } \Delta E \geq 0 \end{cases}$$

Termination: *stop*, if a termination criterion is met

END

Genetische Algorithmen und ihre Anwendungen

- **Evolution Strategies**

- ***population***
- ***inheritance***
- ***mutation***
- ***selection***
- ***self-organisation***

- **Genetic Algorithms**

- ***population***
- ***inheritance***
- ***mutation***
- ***recombination***
- ***selection***

Simple Genetic Algorithm:

Initialization: *Make* initial population

WHILE NOT *stop* DO

 BEGIN

Mating: *Choose* parents from the population

Recombination: Let the selected parents *Produce* children

Mutation: *Make* direct mutations of population elements

Rating: *Rate* the children and *Insert* them into the population

Selection: *Select* elements of the population for the next cycle

Termination: *stop*, if a termination criterion is met

 END

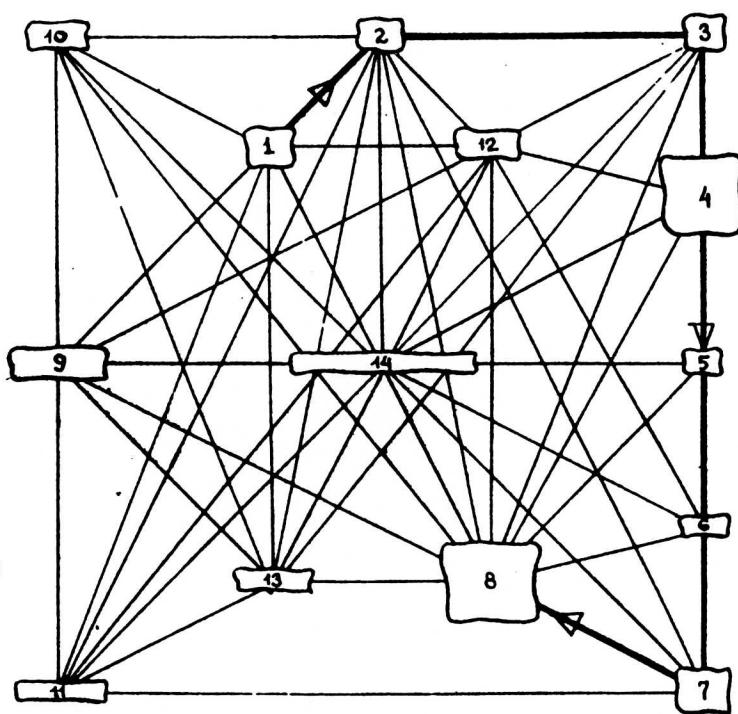
Output the optimum of the population

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ

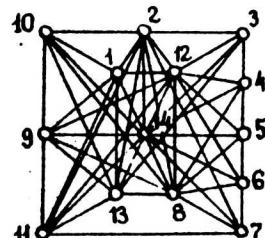


- 1 склад целлюлозы
- 2 мерсеризация
- 3 ксантогенирование
- 4. вискозный цех
- 5 обезвоздушивание
- 6 крашение
- 7 прядение
- 8 отделка, сушка, упак-ка
- 9 склад химикалий
- 10 содовое производство
- 11 кислотная станция
- 12 анализаторная
- 13 станция отвличных растворов
- 14 бытовые помещения

ГРАФ СВЯЗЕЙ КОМПОНЕНТОВ



СЛОЖНОСТЬ Э03



$$C_{\text{Э03}} = 50$$

Рис. 44. Структурный анализ эксплуатируемой организованности здания главного корпуса завода искусственного волокна

Architecture

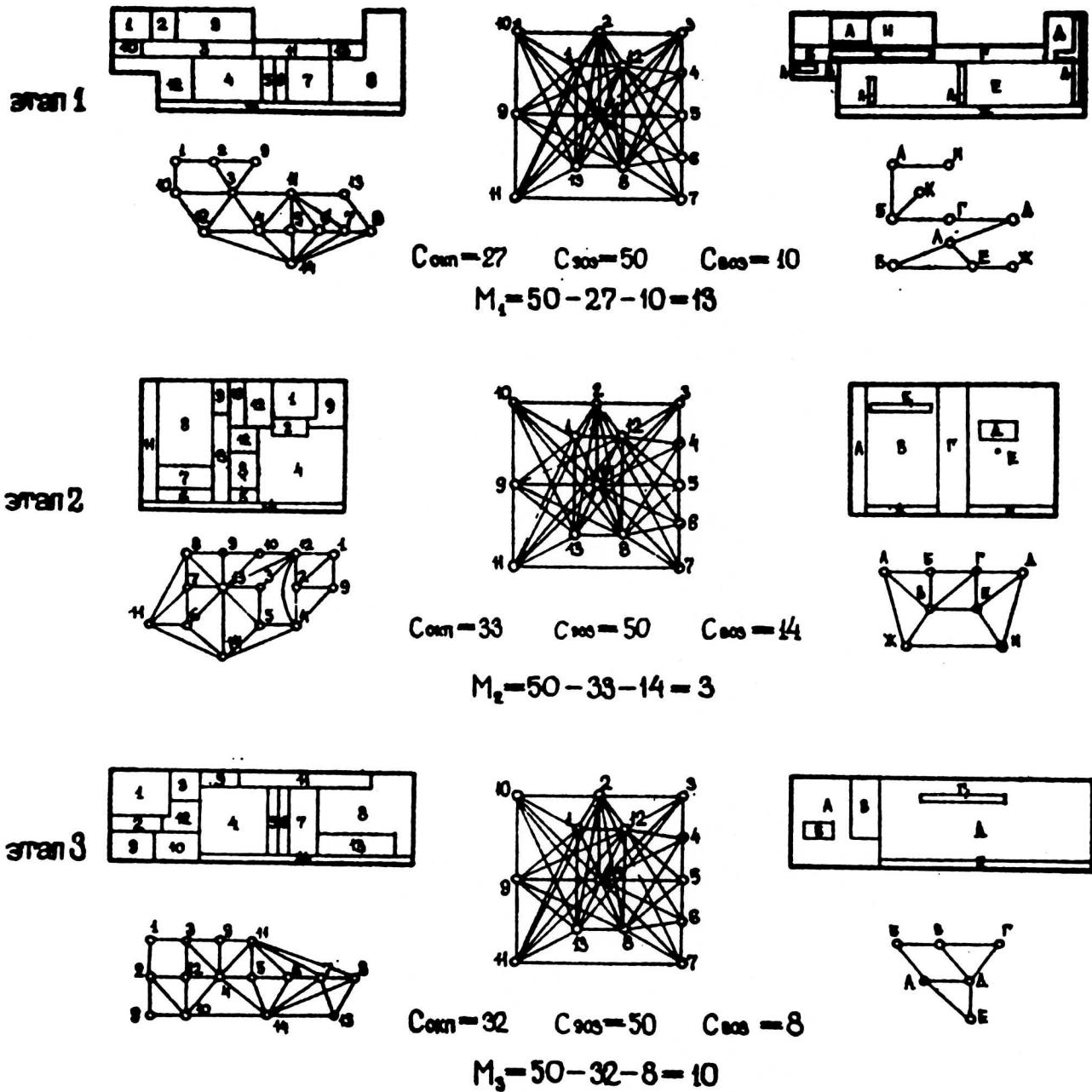


Рис.45. Структурный анализ подсистем ОКП, ВОЗ и определение морфности этапов компоновки плана главного корпуса завода искусственного золота

E.Grigorjew, O.Taraszow: Mathematische Modellierung und Implementierung der invarianten Projektierungsmethode (Russisch). Strojizdat, Moskwa, 1974.

Пусть задано проектное решение L , состоящее из n этапов компоновки: L_i ($i = 1, \dots, n$), т.е. имеем

$$L = \{L_1, L_2, \dots, L_i, \dots, L_n\} \quad (11)$$

В соответствии с разделением объекта проектирования на три подсистемы каждый этап компоновки L_i характеризуется тремя параметрами сложности подсистемы:

$$K_{1i}, K_{2i}, K_{3i},$$

где K_{1i} – сложность подсистемы ЭОЗ этапа компоновки L_i ;
 K_{2i} – сложность подсистемы ОКП этапа компоновки L_i ;
 K_{3i} – сложность подсистемы ВОЗ этапа компоновки L_i .

Морфность M_i этапа компоновки L_i вычисляется по формуле

$$M_i = |K_{1i} - K_{2i} - K_{3i}|, \quad i = 1, \dots, n. \quad (12)$$

Причем последний этап компоновки L_n искусственно введен в проектное решение – идеальный этап компоновки, т.е. такой этап, морфность которого равна нулю. Итак,

$$M_n = 0. \quad (13)$$

Нам необходимо из заданного временного проектного решения L получить эволюционное проектное решение W .

здесь видны отдельные концы волокна на переднем плане и скопления

Рис. 38. Образование пространственных концов волокна на переднем плане

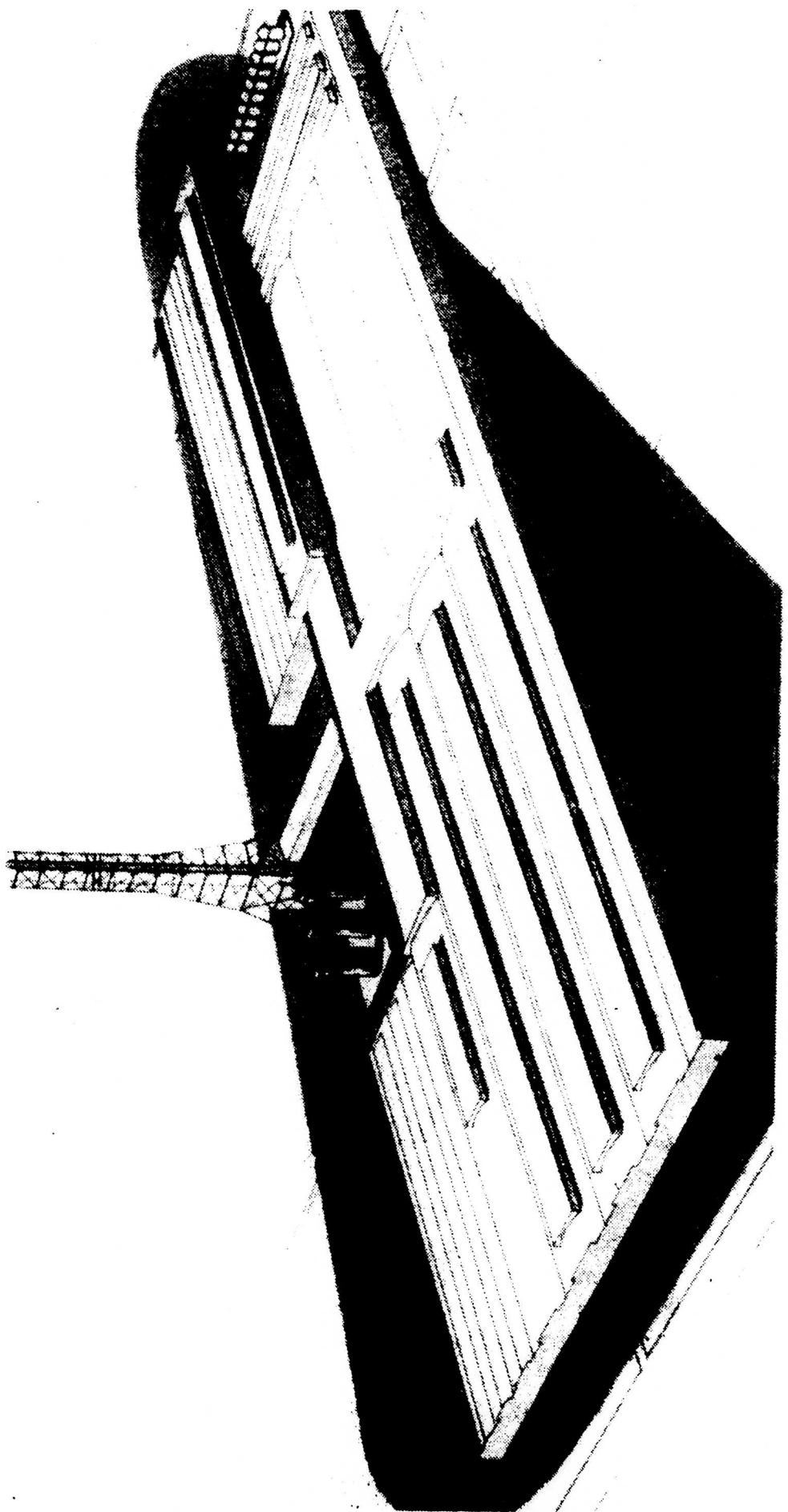
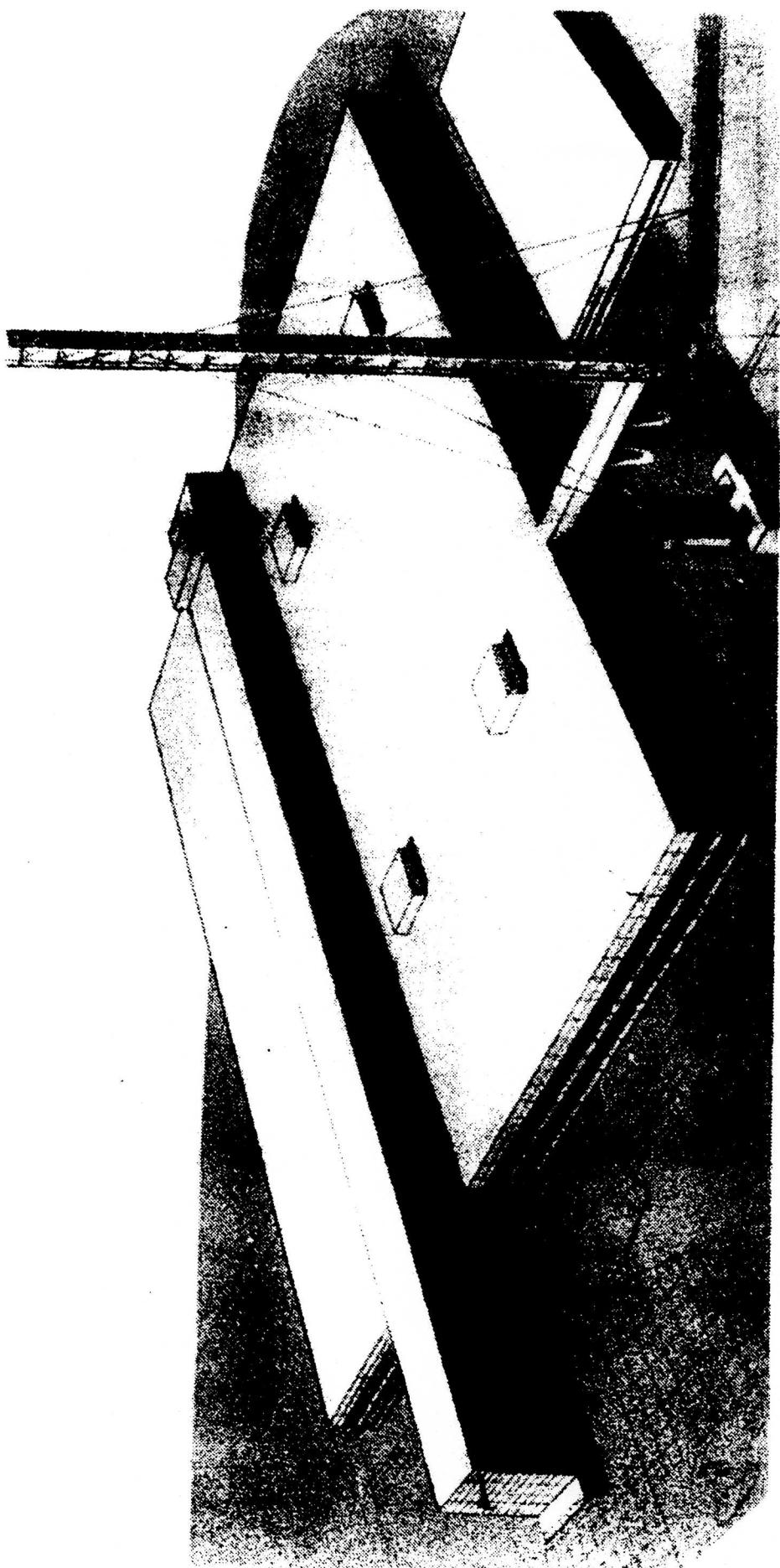


Рис. 41. Образко-прототипическое изображение на основе исходного изображения



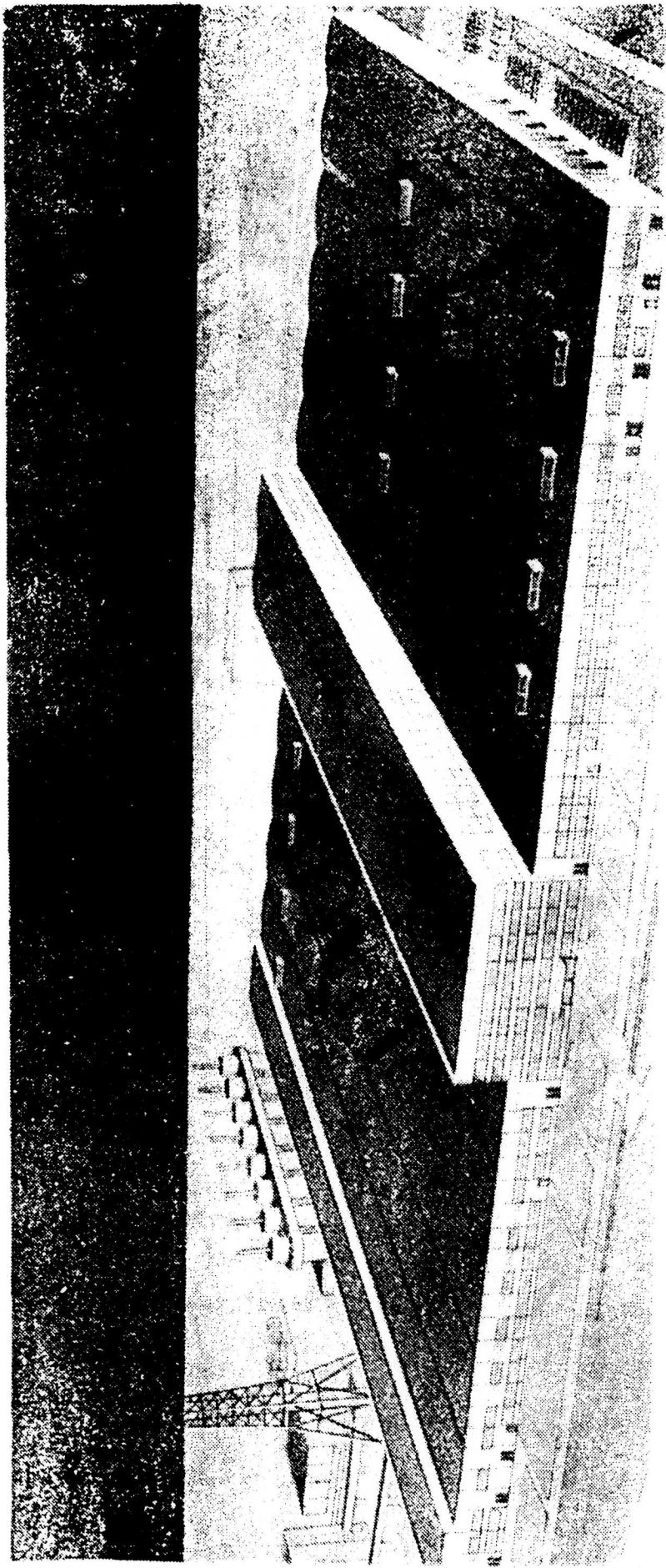


Рис. 43. Общепространственное решение главного корпуса завода искусственного волокна на третьем этапе

Вместо временной последовательности этапов компоновки (14) будем оперировать с эволюционной последовательностью W этапов компоновки из временного проектного решения.

$$\left. \begin{array}{c} P_1, \dots, P_i, \dots, P_n \\ m_1, \dots, m_i, \dots, m_n \end{array} \right\} W \quad (15)$$

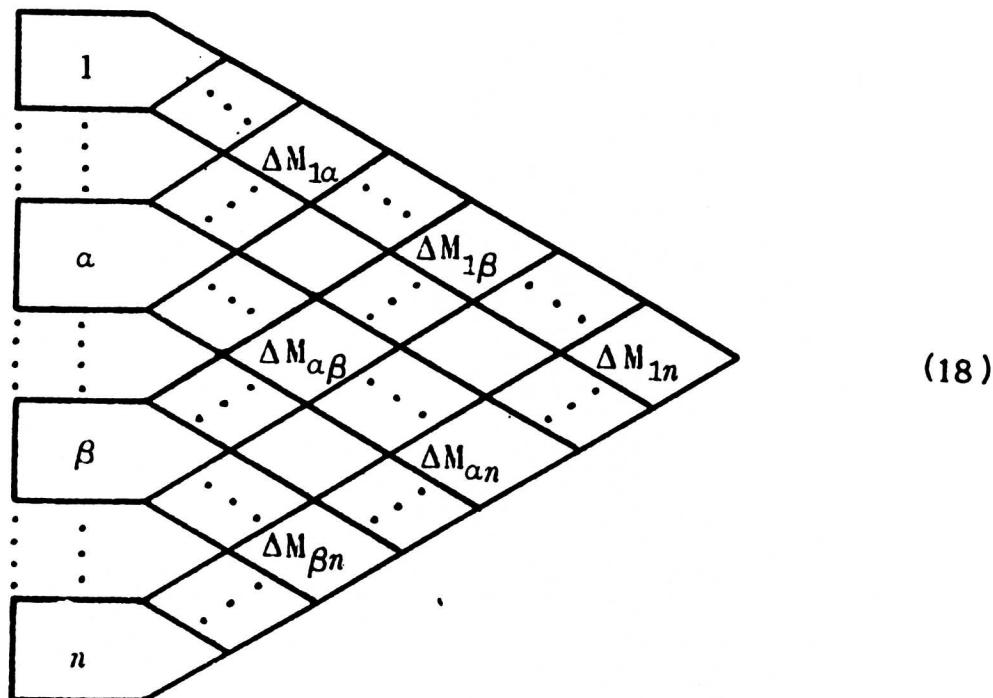
$$\text{Причем } m_\alpha \geq m_\beta \quad \text{если } \alpha < \beta. \quad (16)$$

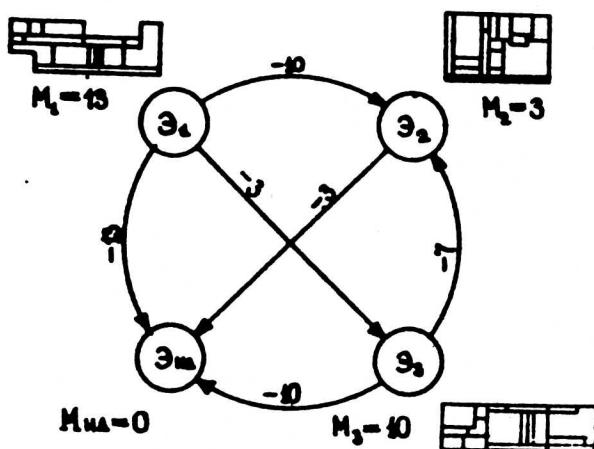
Для последовательности (15) переходы разрешены из этапа с номером j во все этапы с номером $k > j$.

Пусть $\Delta M_{\alpha\beta}$ — скачок морфности при переходе из этапа с номером α в этап с номером β , причем

$$\Delta M_{\alpha\beta} = m_\alpha - m_\beta, \quad \alpha < \beta. \quad (17)$$

Множество $\{\Delta M_{\alpha\beta}\}$ образует следующую треугольную матрицу:



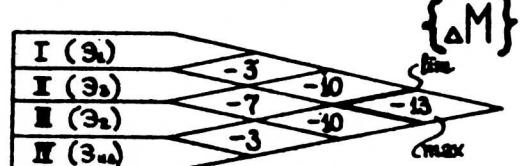


НЕУПОРЯДОЧЕННЫЙ РЯД $M_1 - M_4$

M_1	M_2	M_3	M_4
13	3	10	0

УПОРЯДОЧЕННЫЙ РЯД M (I-IV)

I (M_1)	II (M_2)	III (M_3)	IV (M_4)
13	10	3.	0



M	I	II	III	IV
	0	1	1	0
I	0	0	1	1
II	0	0	0	1
III	0	0	0	0

Ц	0	0	0	0
	1	0	0	0
I	1	1	0	0
II	0	1	1	0
III	0	0	0	0

МЦ	I	II	III	IV
	1	1	0	0
I	1	1	1	0
II	0	1	1	0
III	0	0	0	0

(МЦ)M	I	II	III	IV
	0	1	1	1
I	0	1	1	1
II	0	0	1	1
III	0	0	0	0

Решение : I-II-III-IV, или $\text{Э}_1 \rightarrow \text{Э}_2 \rightarrow \text{Э}_3 \rightarrow \text{Э}_4$

$$M_{\max} = 13 \quad M_{\min} = 0 \quad 03 - \frac{13-10}{13} = \frac{3}{13} = 0,23$$

Рис.46. Анализ трансформации этапов компоновки плана главного корпуса завода искусственного балютина

Нам необходимо найти последовательность этапов компоновки, которая начинается этапом P_1 , заканчивается этапом P_n и удовлетворяет сформулированным ранее условиям. При этом выполняется второе условие инвариантности:

$$\sum_{i=1}^{n-1} \Delta M_{\alpha_i \alpha_{i+1}} = \Delta M_{1n} = \Delta M_{\max} = \text{const.} \quad (23)$$

Итак, задача заключается в определении натуральных α_i ($i = 1, \dots, n$), которые удовлетворяют следующим условиям:

$$\left. \begin{array}{l} \sum_{i=1}^{n-1} \Delta M_{\alpha_i \alpha_{i+1}} = \Delta M_{1n}; \\ \alpha_1 = 1, \alpha_n = n; \\ \alpha_i < \alpha_{i+1}, i = 1, \dots, n-1; \\ \{\alpha_i \mid i = 1, \dots, n\} = \{1, \dots, n\}. \end{array} \right\} \quad (24)$$

Это и есть математическая постановка задачи. Докажем следующую теорему: решение сформулированной задачи существует и оно единственно. Этим решением является последовательность (15).

коэффициент относительный эффективности,

$$OZ = \frac{\Delta M_{\max} - \Delta M_{\lim}}{\Delta M_{\max}}.$$

Architecture

Итак, если задано N вариантов проектных решений L_i ($i=1, \dots, N$), каждый из которых состоит из n_i ($i=1, \dots, N$) этапов компоновки L_{ij} ($j=1, \dots, n_i$), т.е.

L_1	L_2	...	L_i	...	L_N
L_{11}	L_{21}		L_{i1}		L_{N1}
.	.		.		.
.
L_{1n_1}
.	.		.		.
	L_{2n_2}		L_{in_i}		L_{Nn_N}

(45)

то лучшим будет такой вариант L_{i0} , который удовлетворяет условиям:

$$1. L_{i0} > L_i, \forall i, i=1, \dots, N; i \neq i_0 \quad (48)$$

если $\exists \alpha_j, j=1, \dots, k$ такие, что

$$L_{i0} \neq L_{\alpha_j}, \forall j=1, \dots, k, \quad \text{то,} \quad (47)$$

$$2. L_{i0} \leq L_{\alpha_j}, \forall j=1, \dots, k. \quad (48)$$

Ответим теперь на вопрос: как стимулировать творческий поиск архитектора?

Проектное решение удовлетворяет критериям завершенности и полноты по заданным их уровням, поэтому процесс проектирования можно считать законченным.

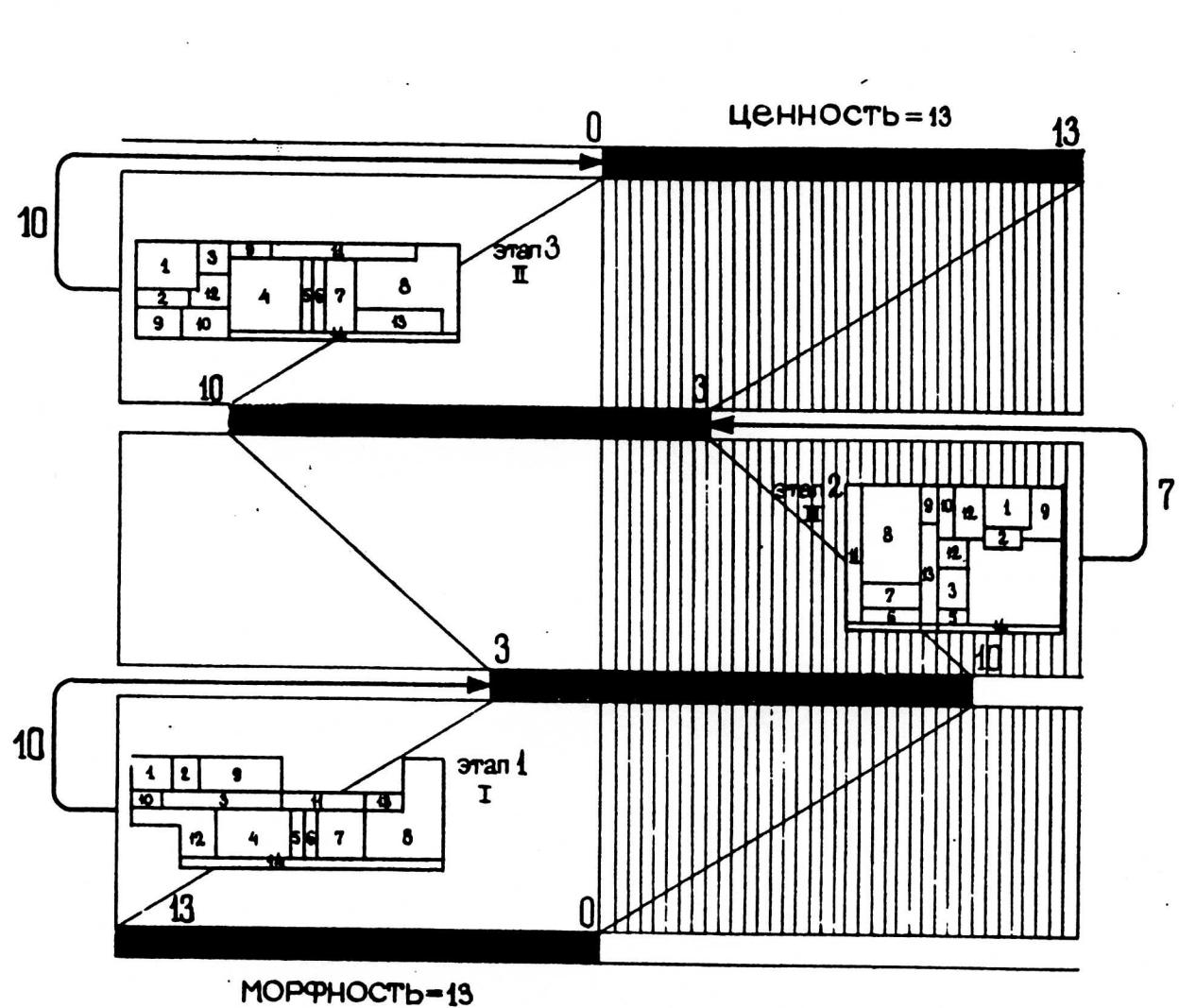


Рис.47. Трансформация этапов компоновки в двух шкалах – М и II

Genetische Algorithmen und ihre Anwendungen

• Literatur

Genetic Algorithms:

J.H.Holland: Adaptation in Natural and Artificial Systems. The University of Michigan Press, Ann Arbor, 1975.

D.E.Goldberg: Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning, Addison-Wesley, Reading, 1989.

Evolution Strategies:

I.Rechenberg: Evolutionsstrategie: Optimierung technischer Systeme nach Prinzipien der biologischen Evolution. Friedrich Frommann Verlag, Stuttgart, 1973.

H.-P.Schwefel: Evolutionsstrategie und numerische Optimierung. Dissertation TUB, 1975.

Simulated Annealing:

N.Metropolis, A.Rosenbluth, M.Rosenbluth, A.Teller, E.Teller: J.Chem.Phys. 21 (1953) 1087.

S.Kirkpatrick, C.D.Gelatt, M.P.Vecchi: Science 220 (1983) 671.

V.Cerny: J.Opt.Theory Appl. 45 (1985) 41.

Conference Proceedings:

J.J.Grefenstette (Eds.): Proc. of the first international conference on genetic algorithms and their applications. Hillsdale, New Jersey, 1985.

J.D.Schaffer (Eds.): Proc. of the third international conference on genetic algorithms and their applications. Morgan Kaufmann Publishers, 1989.

H.-P.Schwefel, R.Männer (Eds.): Parallel Problem Solving from Nature. 1st Workshop PPSN I, Dortmund, Germany, 1990. Proceedings (Lecture Notes in Computer Science 496).