1973 г. ОПТИМИЗАЦИЯ Выпуск 10(27)

УДК 518.25/26

РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ КАК МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ПЛОХО ФОРМАЛИЗУЕМЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ В МОДЕЛЯХ ПЛАНИРОВАНИЯ

Вл.Д.Мазуров

Системный подход к планированию и управлению народным хозяйством предполагает, в частности, исследование всякого рассматриваемого объекта как большой системы и, следовательно, учет всей совокупности значащих факторов и взаимосвязей (в том числе и плохо формализуемых) при моделировании экономических ситуаций. Поэтому возникает необходимость в расширении набора традиционных средств моделирования, таких, как задачи математического программирования, в использовании методов формализации эвристических процедур, моделей адаптивного поведения, самообучающихся систем, алгоритмов распознавания образов, машинной имитации. В качестве примеров плохо формализуемых факторов можно назвать факторы, от которых зависит эффективное управление ходом непрерывных технологических процессов, социально-политические факторы, влияние природной и технологической среды.

В связи с этим в настоящее время разрабатываются методы симулятивного планирования [1]. Для задачи математического программирования

$$\max\{f(x) \mid x \in M \subset R^n\}$$

симулятором называют совокупность алгоритмов, позволяющих получать элементы $x \in M$ и вычислять значения $f(x)$. Симуляция - последовательность операций, связанная с однократным использованием симулятора. Симулятор может содержать обращение к справочникам, процедурам, измерениям, вычислениям по формулам, программам решения вспомогательных задач оптимизации и т.п. В качестве симуляторов широко применяются алгоритмы распознавания образов [2].

I. Методы распознавания образов. Рассмотрим одну из постановок задачи распознавания двух образов. Два образа, понимаемые формально как множества $M' \subset R^n$ и $N' \subset R^n$ соответственно, представлены конечными подмножествами $M \subset M'$, $N \subset N'$. Требуется найти функцию $f: R^n \to R^1$ из некоторого класса такую, что

$$f(c) > 0 \ (c \in M), \ f(c) < 0 \ (c \in N). \qquad (I)$$

При этом предполагается, что множества M' и N' моделируются множествами $\{x \mid f(x) > 0\}$ и $\{x \mid f(x) < 0\}$ соответственно.

В качестве класса F часто выбирается множество всех аффинных функций, т.е. функций вида

$$f(c) = (x, c) - x_{n+1},$$

где $x \in R^n$; (x, c) - скалярное произведение.

В этом случае система (I) превращается в систему однородных строгих линейных неравенств. Большинство хорошо известных методов распознавания [3]-[7] в той или иной степени связано именно с решением системы вида (I).

В случае, если система линейных неравенств

$$(c_j, x) > 0 \ (j = 1, \ldots, m) \qquad (2)$$

несовместна, можно пользоваться понятием комитета, обобщающим понятие решения [8], [9]. Комитетом системы (2) называется такое конечное множество $\{x^1, \ldots, x^q\}$, что при каждом j неравенство

$$(c_j, x^i) > 0$$

выполняется более чем для половины номеров $i \in \overline{1, q}$. Имеет место следующее предложение: если $M \cap N = \emptyset$, то существует разделяющий комитет аффинных функций.

Рассмотренная задача называется задачей дискриминантного анализа. Большое прикладное значение имеет также следующая задача таксономии: требуется разбить некоторую конечную совокупность объектов на группы однородных или близких друг к другу (в том или ином смысле) объектов [10].

2. <u>Формирование допустимых множеств.</u> Пусть математическая модель некоторой экономической ситуации имеет вид:

$$max\{f(x): x \in R^n, g_j(x) \geq 0 \ (j=1,\dots,k), x \in \mathcal{D}\}, \qquad (3)$$

где $g_i(x) \geq 0$ – неравенства, отражающие те из требований к планам x, которые допускают явное аналитическое выражение; $\mathcal{D}$ – множество планов, удовлетворяющих некоторым m "внемодельным", трудно формализуемым, критериям. Относительно каждого из этих критериев известно лишь конечное множество примеров допустимых по этому критерию планов и конечное множество недопустимых планов.

Пусть M_j – конечное множество планов, допустимых по j-му критерию; N_j – конечное множество планов, недопустимых по j-му критерию. Строим для каждого $j \in \overline{1,m}$ дискриминантную функцию f_j, удовлетворяющую системе неравенст:

$$\begin{cases} f_j(c) > 0 & (c \in M_j); \\ f_j(c) < 0 & (c \in N_j), \\ f_j \in F. \end{cases} \qquad (*)$$

Тогда допустимое множество $\mathcal{D}$ моделируется следующим образом:

$$\mathcal{D} = \{x \in R^n \mid f_j(x) \geq 0 \ (j=1,\dots,m),$$

а задача (3) получает формализацию:

$$max\{f(x): x \in R^n, g_j(x) \geq 0 (j=1,\dots,k), f_j(x) \geq 0 (j=1,\dots,m).$$

Так как во многих практических задачах функции $f_j(x)$ имеют сложное аналитическое выражение (в методе комитетов:

$f_j(x) = \sum_{i=1}^{q} sign[(x^i, x) - x^i_{n+1}])$, то возникает вопрос о

методах решения задач вида (3), позволяющих эффективно учитывать условие $x \in \mathcal{D}$. В ряде сложных задач функции $f_j(x)$ могут быть использованы лишь как симулятеры.

3. <u>Постановки задач.</u> Если число учитываемых в модели критериев достаточно велико, то система

$$g_j(x) \geq 0 (j=1,\dots,k), f_j(x) \geq 0 (j=1,\dots,m) \qquad (4)$$

может оказаться несовместной, так как функции g_i, f_j лишь приближенно позволяют учитывать реальные зависимости. В связи с этим возникают следующие постановки задач.

I. Нахождение всех максимальных совместных подсистем системы (4), включающих систему

$$g_j(x) \geq 0 \ (j=1,\dots,k). \tag{5}$$

II. Нахождение всех максимальных совместных подсистем (м.с.п.) системы (4), включающих (5), при условии, что $f_j(x)$ допускает малые вариации, не выходящие за пределы некоторой области.

III. Максимизация $f(x)$ на всех м.с.п. системы (4), включающих (5), при условии, что $f_j(x)$ имеют малые вариации.

IV. Максимизация $f(x)$ на звездных множествах системы (4). Звездным множеством системы (4) при фиксированном числе $p \leq m$ и фиксированной подсистеме (5) называется множество решений системы

$$g_j(x) \geq 0 \ (j=1,\dots,k), \ f_{j_s}(x) \geq 0 \ (s=1,\dots,p).$$

Так как решение f_j системы (ж) определяется неоднозначно, то естественно рассмотреть также следующие постановки.

V. Найти f_j, удовлетворяющие (ж), такие, чтобы система (4) была совместной, если это возможно.

VI. Найти f_j, удовлетворяющие (ж), такие, чтобы минимальный комитет системы (4) состоял из как можно меньшего числа членов.

VII. Найти f_j, удовлетворяющие (ж), такие чтобы число различных максимальных совместных подсистем системы (4) было минимальным возможным.

VIII. Найти f_j, удовлетворяющие (ж) и дающие максимальное значение функции

$$\varphi(f_1,\dots,f_m) = \max\{f(x) \mid f_j(x) \geq 0 \ (j=1,\dots,m), \\ g_j(x) \geq 0 \ (j=1,\dots,k)\}.$$

4. __Методы нахождения максимальных совместных подсистем (м.с.п.).__ Метод нахождения м.с.п. системы (5), который использует нахождение точек максимума функции, приближающей выражение

$$\sum_{j=1}^{m} \operatorname{sgn} f_j(x)$$

предложен в работе [II]. В работе [I2] предлагается и обосновывается применение метода свертывания систем линейных неравенств для поиска их минимальных несовместных подсистем. Зная минимальные несовместные подсистемы системы линейных неравенств, можно найти все её максимальные совместные подсистемы - соответствующий алгоритм предложен в работе [I3].

В работе [2] доказывается, что если система $(c_j, x) > 0$ ($j \in \mathcal{J}$) - м.с.п. системы

$$(c_j, x) = \sum_{i=1}^{n} a_{ji} x_i > 0 \quad (j \in \overline{1,m}),$$

то существует базисное решение системы

$$\begin{aligned} &u_j = 1 - (c_j, v - w) - z_j \; (j = 1, \ldots, m), \\ &u \geq 0, \; v \geq 0, \; w \geq 0, \; z \geq 0, \end{aligned} \tag{6}$$

в котором $u_j = 0$ ($j \in \mathcal{J}$), $u_j > 0$ ($j \notin \mathcal{J}$). Этим задача поиска всех м.с.п. сводится к перебору базисных решений системы (6).

5. <u>Задача максимизации функции φ ($f_1, \ldots, f_m$).</u> Рассмотрим линейный случай:

$$\varphi((x^1; y^1); \ldots; (x^m; y^m)) = \max\{(c, x) \,|\, (x^j, x) \geq y^j (j = 1, \ldots, k),$$
$$(c_j, x) \geq b_j \, (j = 1, \ldots, k)\},$$

где (x^j, y^j) удовлетворяет ограничениям: для всякого $j \in \overline{1,m}$:

$$(x^j, c) > y^j \quad (c \in M_j),$$
$$(x^j, c) < y^j \quad (c \in N_j).$$

Требуется определить $\arg\sup \varphi(x^1; y^1; \ldots; x^m; y^m)$ при данных ограничениях.

При решении этой задачи можно использовать известные [I4] формулы для вычисления производной функции $\varphi(x^1; y^1; \ldots; x^m; y^m)$ по направлению ($x^1; y^1; \ldots; x^m; y^m$).

6. <u>Итерационные методы для решения задач математического программирования, содержащих неформальные блоки.</u>

Рассмотрим задачу

$$\max\{(c, x) \,|\, (c_j, x) \leq b_j \quad (j = 1, \ldots, k);$$

$$(y^j, x) \leq y^j_{n+1} \quad (j=1,\dots,m)\}.$$

Здесь (y^j ; y^j_{n+1}) удовлетворяют условию:

$$(y^j, x) < y^j_{n+1} \quad (x \in M_j),$$
$$(y^j, x) > y^j_{n+1} \quad (x \in N_j), \qquad (7)$$

M_j и N_j - конечные множества в R^n.

Методы решения такой задачи должны допускать возможность "дообучения", т.е. расширения множеств M_j , N_j .

Пусть $\varphi: R^n \to R^n - \mathcal{D}$ - фейеровское отображение, где $\mathcal{D} = \{x \in R^n \mid (c_j, x) \leq b_j \ (j=1,\dots,m)\}$. Из элементов множества $M_j \cup N_j$ составляется бесконечная циклическая последовательность $\{c^j_k\}$. Пусть $\pi_{k,j}$ - оператор проектирования на полупространство

$$\{x \mid (y^{k,j}, x) \leq y^{k,j}_{n+1}\},$$

где ($y^{k,j}$; $y^{k,j}_{n+1}$) - k-е приближение к решению системы (7), полученное в методе А.Б.Дж.Новикова [15], [4].

Тогда определим последовательность $\{x^k\}$ рекуррентно - с помощью соотношения:

$$x^{k+1} = \pi^m_k \dots \pi^1_k (\varphi(x^k)) - \varepsilon c,$$

где $\varepsilon > 0$ - достаточно малое число. Последовательность $\{x^k\}$ приближенно решает исходную задачу математического программирования.

Если для учета неформальных критериев употребляются функции более сложного вида, чем линейные (например, комитетные решающие функции), то можно пытаться учитывать эти условия при использовании симплекс-метода, выбирая очередное базисное решение.

В настоящее время методы распознавания образов находят широкое применение при моделировании экономических ситуаций, формировании типологии экономических систем, классификации, диагностике, прогнозировании и т.д. [2], [16].

Ниже рассматриваются некоторые направления работ по применению методов распознавания образов в экономике.

I. Применение распознавания образов в экономической географии.

Работы этого направления [17] - [20] сводятся к агрегированию строк и столбцов матрицы географических данных; строки матрицы - географические пункты, столбцы - те или иные характеристики пунктов. В частности, это относится к решению задач размещения, включающих изучение пространственного распределения человеческой деятельности. Перечислим некоторые из этих задач.

Закономерности размещения населенных пунктов в географическом пространстве.

Задача размещения строящихся промышленных предприятий. В этой задаче нужно выбрать конечное число пунктов из бесконечного множества точек географического пространства. Для этого сначала все пространство разбивается на конечное число областей, однородных в смысле соответствующих критериев. Все точки, относящиеся к одной области, отождествляются с одним пунктом - эталоном.

Моделирование зависимости выбора местоположения предприятия или населенного пункта от различных факторов.

Районирование - проведение границ между районами, однородными по некоторым признакам. В этой задаче в качестве образа выступает район, а в качестве объектов, принадлежащих тому или иному образу, - элементарные регионы или населенные пункты.

Выделение территорий, перспективных с точки зрения наличия полезных ископаемых.

Классификация почв.

Выделение народнохозяйственных комплексов.

2. Типология экономических систем. Рассматривается совокупность экономических систем определенного вида. Каждая система характеризуется набором значений некоторых параметров и представляется точкой в многомерном пространстве. Проводится целесообразное разбиение элементов этого пространства на классы эквивалентности [21] - [28].

В частности, так как разработка и внедрение АСУ связаны с большими затратами, то необходимо использование типовых проектов АСУ, в связи с чем возникает задача классификации предприятий по критерию применимости того или иного типа АСУ. При этом либо производится классификация по близости к предприятиям - эталонам (методами дискриминантного анализа), либо решается задача таксономии, т.е. разбиения на классы без предварительного указания эталонов.

Решается также задача классификации предприятий отрасли, чтобы предприятия, вошедшие в один класс, имели одинаковые возможности для получения одних и тех же экономических показателей. При этом вначале определяется число классов и сами классы - таксономией в пространстве выходных характеристик. Затем найденные классы описываются на языке пространства входных характеристик, и происходит обучение в этом пространстве полученной классификации методами дискриминантного анализа.

3. <u>Автоматизация управления производством с помощью методов распознавания образов [29]-[43].</u>

Пусть состояние производства характеризуется вектором $x \in R^n$; при введении управляющего воздействия u можно вычислить значение функции $F(x;u)$, характеризующей эффективность функционирования производства. Всякому состоянию x соответствует оптимальное управление $u(x)$, реализующее $\sup_u F(x,u)$. Будем предполагать, что элементы u (природа их не имеет значения) составляют конечное множество $\{u_1, u_2, \ldots, u_p\}$.

Множество X всех возможных состояний x производства разбивается на p подмножеств $X_1, \ldots, X_p$ так, что всякому $x \in X_i$ соответствует оптимальное управление u_i. Задачу нахождения оптимального управления в таком случае следует понимать как задачу установления разбиения

$$X = \bigcup_{i=1}^{p} X_i \quad , \text{ где } X_i \cap X_j = \phi \; (i \neq j),$$

если известны конечные подмножества $X_i' \subset X_i$ (т.е. для конечного числа ситуаций известны соответствующие оптимальные управления).

4. <u>Автоматизация проектирования технологии обработки деталей [44], [45].</u> В процессе проектирования технологии обработки детали технологу часто приходится выбирать направление обработки, руководствуясь опытом и интуицией, по некоторым косвенным признакам. При разработке программы автоматического проектирования соответствующий блок принятия решения о направ-

ления на ту или иную технологическую линию оказывается неформализуемым. В этом случае можно применить методы распознавания образов, чтобы научить ЭВМ распознавать сочетания косвенных признаков, определяющие направление дальнейшей обработки детали.

5. Распознавание образов при решении задач прогнозирования [46], [47]. Так как распознавание образов является методом обобщения конечной совокупности данных на бесконечное множество ситуаций, т.е. по существу связано с интерполированием и экстраполяцией, то естественно, что применением методов теории распознавания образов решаются задачи: структуризации пространства состояний объекта; определения признаков и их идентификации; адаптации методов прогнозирования к объекту.

6. Распознавание образов в социологических исследованиях [48]-[52]. Проблематика этих исследований такова: социальная стратификация; квантификация качественных признаков; выделение типопредставителей социальных слоев; миграция сельского населения; выбор системы информативных признаков; прогноз социологических ситуаций.

7. Моделирование производственных зависимостей. Экономическая статистика [53]-[58]. Трудным при моделировании производства является вопрос о формировании ограничений на качество материалов в задачах оптимального планирования. Так, например, при математическом моделировании металлургической отрасли приходится учитывать качество перерабатываемых материалов (металлургических шихт): содержание полезных и вредных компонентов, физические и механические свойства. При этом используют приближенные оценки качества, основанные на гипотезе линейной зависимости свойств шихты от свойств смешиваемых материалов. В ряде случаев такие оценки неприменимы, так как ведут к искажению показателей качества. Представляется полезным применять для получения таких оценок методы распознавания образов.

Пусть известна конечная совокупность шихт (материал обучения), представленных векторами $c_j \in R^n$ значений определенных параметров: в множество $\{c_j \mid j=1,\dots,k\}$ входят шихты, качество которых удовлетворяет требованиям технологии, а в множество

$\{c_j \mid j=k+1,\ldots,m\}$ - шихты неудовлетворительного качества. Ставится следующая задача распознавания образов: найти функцию $f: R^n \to R^1$ из некоторого класса такую, что

$$f(c_j)>0\,(j=1,\ldots,k),\; f(c_j)<0\,(j=k+1,\ldots,m).$$

Пусть $\bar{f}$ - решение этой системы. Тогда множество всех допустимых (с точки зрения рассматриваемого качества) шихт $x \in R^n$ считается заданным с помощью соотношения: $\bar{f}(x)>0$.

В качестве других примеров построения производственных функций методами распознавания образов можно упомянуть: прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от климатических, географических и других факторов; моделирование зависимости производительности машин и механизмов от некоторых переменных.

8. <u>Применение распознавания образов при решении некоторых задач НОТ</u> [59], [60]. Здесь можно показать следующие применения:

I. выяснение влияний условий труда на производительность рабочего;

2. применение тестов при профессиональном отборе.

9. <u>Агрегирование в межотраслевом балансе.</u> Баланс между отраслями имеет вид:

$$y_j = x_i - \sum_{i=1}^{n} a_{ji} x_i \quad (j=1,\ldots,n).$$

Здесь y_j - количество конечного продукта j-й отрасли; x_i - валовый продукт i-й отрасли; a_{ij} - коэффициенты текущих затрат, т.е. величина затрат продукта j-й отрасли на выпуск единицы продукта i-й отрасли. Условия агрегируемости [61] первых k отраслей состоят в следующем:

$$(a)\quad a_{sj} = a_{si}\; (s \notin \overline{1,k};\; i,j \in \overline{1,k});$$
$$(b)\quad \sum_{i=1}^{k} a_{ij} = \sum_{i=1}^{k} a_{il}\quad (j,l \in \overline{1,k}).$$

Эти условия накладываются на первые k строк и k столбцов матрицы межотраслевого баланса:

$$
\left(\begin{array}{c|c}
a_{11}\ldots a_{1k} & a_{1k+1}\ldots a_{1n} \\
\hline
a_{k1}\ldots a_{kk} & a_{kk+1}\ldots a_{kn} \\
\hline
a_{k+1,1}\ldots a_{k+1,k} & a_{k+1,k+1}\ldots a_{k+1,n} \\
\hline
a_{n,1}\ldots a_{n,k} & a_{n,k+1}\ldots a_{n,n}
\end{array}\right)
=
\left(\begin{array}{c|c}
\mathcal{A}_1 & \mathcal{A}_2 \\
\hline
\mathcal{A}_3 & \mathcal{A}_4
\end{array}\right)
$$

Они состоят в том, что в подматрице $\mathcal{A}_3$ все столбцы равны друг другу, а в подматрице $\mathcal{A}_1$ одинаковы суммы элементов в столбцах.

Требовать точного выполнения таких жестких условий на практике нецелесообразно. Поэтому возникает следующая задача таксономии: выделить группы отраслей, для каждой из которых условия агрегируемости выполняются приближенно. Эту задачу можно решить в два этапа, сначала разделить на таксоны суммы элементов по столбцам, а затем для полученных таксонов проверить выполнение условия (a) и выделить части таксонов, удовлетворяющие ему.

Из других задач агрегирования можно упомянуть задачу установления параметрических рядов. Задачи агрегирования рассматривались в работах [61]-[66].

Литература

1. ЛИХТЕНШТЕЙН В.Е. Эволюционно-симулятивный метод планирования. -"Экономика и математические методы," М., 1971, т. УП, № 6, с. 904-914.
2. МАЗУРОВ Вл.Д. Применение методов теории распознавания образов в оптимальном планировании и управлении. - Труды I конференции по оптимальному планированию и управлению народным хозяйством. М., ЦЭМИ., 1971, вып. 5, с. 28-31.
3. ROSENBLATT F. Principeles of Neurodinamics. Washington, D.C.: Spartan, 1962.
4. NOVIKOFF A.B.J. On convergence proofs for perceptrons.- In.: Proc. Symposium "Mathematical theory of automata". New Jork, "Polytechnica", 1962, c. 32-38.
5. ЯКУБОВИЧ В.А. Рекуррентные конечно сходящиеся алгорифмы решения систем неравенств. - "Докл. АН СССР", М., 1966,№6, с. 1308-1311.

6. АЙЗЕРМАН М.А., БРАВЕРМАН Э.М., РОЗОНОЭР Л.И. Метод потенциальных функций. М., "Наука", 1970.

7. ВАПНИК В.Н., ЛЕРНЕР А.Я., ЧЕРВОНЕНКИС А.Я. Системы обучения распознаванию образов. - "Изв. АН СССР", Техническая кибернетика, М., 1965, № I, с. 35-39.

8. ABLOW C.M., KAYLOR D.J. Inconsistent homogenous linear inequalities.- Bul.Amer. Math. Sos., N.Y., 1965, vol. 7I, N I, c. 724.

9. МАЗУРОВ Вл.Д. Комитеты систем неравенств и задача распознавания. - "Кибернетика," Киев, 1971, т.3, с. 140-146.

10. Сб. "Вычислительные системы" под ред. ЗАГОРУЙКО Н.Г., Новосибирск, "Наука", 1971, № 45.

11. МАЗУРОВ Вл.Д., ТЯГУНОВ Л.И. О распознавании методом комитетов. - В кн.: "Проблемы кибернетики", Л., 1969, с.60-6I.

12. ЧЕРНИКОВ С.Н. Свертывание конечных систем линейных неравенств. - Доповiдi АН УРСР, Киев, 1969, № I, с. 32-35.

13. ВИННИЧЕНКО М.Г. Об одной комбинаторной задаче. - Доповiдi АН УРСР, Киев, 1969, № 9, с. 780-782.

14. МИЛС Х.Д. Маргинальные значения матричных игр и задач линейного программирования. - В кн.: "Линейные неравенства и смежные вопросы", М., ИЛ, 1959, с. 287-297.

15. НИЛЬСОН Н. Обучающиеся машины. М., "Мир", 1967.

16. БРАВЕРМАН Э.М., ДОРОФЕЮК А.А., ЛУМЕЛЬСКИЙ В.Я., МУЧНИК И.Б. Классификационные задачи в экономике. - Труды I конференции по оптимальному планированию народным хозяйством. М.,ЦЭМИ, 1971, вып. 2, с. 129-143.

17. Библиография по районированию, размещению и специализации сельского хозяйства СССР, М., "Наука", 19..

18. ГУЗОВСКИЙ Л.А., МАЗУРОВ Вл.Д., СИГОВ А.П., ТЯГУНОВ Л.И. Опыт применения ЭВМ для определения перспектив рассыпной золотоносности мезозойских депрессий. - Материалы семинара "Применение математики и ЭВМ в геологии". Свердловск, 1971, с. 51.

19. Сб. "Модели в географии". М., "Прогресс", 1971.

20. Сб. "Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения". М., "Наука", 1970.

21. РОЗИН Б.Б., БЕККЕР А.В., ВОТРИНА Н.В. Группировка предприятий отрасли методами распознавания образов (дифференциация отраслевого показателя экономического стимулирования). - Экон. и мат. методы, М., 1969, т. У, № 3,с.353-365.

22. BARANEK H., WOZNAK M. Попытка применения таксономической классификации в статическом анализе издержек строительного предприятия. - Przeglad statystyczny, Warszawa,1969, т.16, № 2, с. 109-123.

23. ТАТАРОВ В.А. О возможностях применения методов теории распознавания образов при автоматизации оперативно-производственного планирования и управления. М., Научный совет по проблеме "Оптимальное планирование и управление народным хозяйством" АН СССР, 1969.

24. ВЕНЧКОВСКИЙ Л.Б. Совещание - семинар по классификации планово-экономических задач и показателей в АСПР. - В кн.: "Классификация и кодирование", М., вып.I, Б.м., 1971,с.32.

25. ЛАЛЕТИН В. Как выбрать ЭВМ? - Экономическая газета, М., 1971, № 21.

26. FEUILLETTE C. The credibility test for the firm: a new rating grid.- Eur. Bus., Paris, 1971, N 28, c. 38-40.

27. FRACKIEWIEZ J. Projektowanie i usprawnianie organizacii metoda idealnych wzorców Nadlera. - Gosp. plan., Warszawa, 1970, 25, N I, c. 17-19.

28. Сб. "Экономическая семиотика" под ред. акад. Н.П.Федоренко. М., "Наука", 1970.

29. ФЕДОРЕНКО Н.П. О разработке системы оптимального функционирования экономики. М., "Наука", 1968.

30. БИР С. На пути к кибернетическому предприятию. - В кн.: "Принципы самоорганизации", М., "Мир", 1966, с. 48-117.

31. БИР С. Кибернетика и управление производством. I-е издание, М., "Наука", 1965.

32. ИВАХНЕНКО О.Г. Про застосування розпізнаючих систем як коректорів екстремального керування, що навчаються, - Автоматика, Київ, 1965, N3, с. 55-72.

33. НЕСХОДОВСКИЙ В.И. "Позиционный корректор" - распознающая система в комбинированной системе экстремального управления. В кн.: "Конференция по кибернетической технике и ее применению в металлургической промышленности", Свердловск, 1969, с. 18-22.

34. КОШАРСКИЙ Б.Д., ПРЫТКОВ В.В. Об одной модели процессов управления промышленным предприятием. В кн. "Конференция по кибернетической технике и ее применению в металлургической промышленности", Свердловск, 1969, с. 30-34.

35. МАЗУРОВ Вл.Д., ТЯГУНОВ Л.И. О применении методов комитетов распознавания образов при автоматизации производственных процессов. В кн.: "Конференция по кибернетической технике и ее применению в металлургической промышленности". Свердловск, 1969, с. 50-53.

36. ГАЛИЦКИЙ А.Я. Об одном подходе к задаче распознавания производственных ситуаций. - В кн.: "Адаптивные системы. Большие системы (труды I Всесоюзного симпозиума по статическим проблемам и технической кибернетике"). М., "Наука", 1971, с. 159-163.

37. ЧЕХОВОЙ Ю.Н., КЕРКЕСНЕР И.П. Обучающаяся система автоматического управления, использующая распознавание ситуаций. - В кн.: "Самонастраивающиеся системы (Труды Ш Всесоюзного совещания по автоматическому управлению)." М., "Наука", 1971, с. 258-266.

38. ТЕЙЛОР В.К. Самонастраивающиеся устройства управления, использующие распознавание образов. - В кн.: "Дискретные и самонастраивающиеся системы. Труды II Международного конгресса JFAC ", М., 1965, т. 3, с. 499-461.

40. ЗОБНИН Б.Б. Анализ факторов, определяющий выбор метода оптимизации технологического процесса на магнитно-обогатительной фабрике. - В кн.: "Кибернетика в горном деле, вып. II", Свердловск, 1968, с. 17-23.

41. КИМЕЛЬМАН Э.А., СТАРИКОВ Н.В. Статистическое прогнозирование в оперативном управлении на обогатительных фабриках. - Труды СГИ, Свердловск, 1968, № 52, с. 18-23.

42. БАЛАСАНОВ Г.Н. Оптимальное управление гидрометаллургическими процессами. М., "Атомиздат", 1967.

43. МАЗУРОВ Вл.Д. Использование методов распознавания образов в автоматизации управления непрерывным производством. - В кн.: "АСУ - вопросы разработки и внедрения", вып. 3, Свердловск, 1969, с. 78-81.

44. БАРАНОВ Ю.М. Автоматизированная система технологического проектирования процессов горячей штамповки с элементами обучения (автореферат кандидатской диссертации). Свердловск, 1971.

45. ТАРНОВСКИЙ И.Я., ВАЙСБУРД Р.А., ЕРЕМЕЕВ Г.А., БАРАНОВ Ю.М. Применение ЭВМ для автоматизации проектирования процессов кузнечно-штамповочного производства. - В кн.: "Совершенствование кузнечно-штамповочного производства", Л., "Машиностроение", 1971, с. 43-48.

46. ЛИСИЧКИН В.А. Отраслевое научно-техническое прогнозирование. М., "Экономика", 1971.

47. МАКАРОВ А.А., МАКАРОВА А.С., ЗЕЙЛИГЕР А.Н. Исследование зоны неопределенности оптимального развития сложных экономических систем. - Экон. и мат. методы, М., 1970, т. 6, № 6, с. 849-863.

48. АНДРЕЕВ Э.П., ГАВРИЛЕЦ Ю.Н. (ред.). Моделирование социальных процессов. М., "Наука", 1970.

49. ГОРДОН Л.А., ВОЛК В.Я., ГЕНКИН С.Е., КЛОПОВ Э.В., СОКОЛОВА С.Н. Классификация социальных явлений с помощью методов многомерного анализа. - В кн.: "Проблемы долгосрочного прогнозирования народного благосостояния". М., 1970, с.57-62.

50. ЗАГОРУЙКО Н.Г.(ред.), ЗАСЛАВСКАЯ Т.И. Распознавание образов в социальных исследованиях. Новосибирск, "Наука", 1968.

51. СКВОРЦОВ В.И. Применение метода комитетов для выявления потенциальной текучести кадров. - В кн.: "Прикладная математика и вычислительная техника". Саратов, 1971, с.79-81.

52. ВОРОНОВ Ю.П.(ред.). Социология и математика. Новосибирск, "Наука", 1970.

53. ПРОСИНА Е.С. О рациональном числе типов заказываемых средств. - В кн.: "Исследование операций. Труды ВЦ АН СССР", вып. I, М., 1970, с. 38-57.

54. РУНЧЕВ М.С.(ред.). Методы исследования процессов механизации в сельском хозяйстве. Вып. I, Ростов, 1970.

55. БЕККЕР А.В. Построение весовых коэффициентов информативности признаков. - В кн.: "Вопросы экономико-статистического моделирования и прогнозирования в промышленности". Новосибирск, 1970, с. 18-25.

56. АЛЕКСАНДРОВ Е.А. На пути к созданию искусственного интеллекта - помощника и советчика в экономическом анализе. - В кн.: "Статистика, информация, вычислительная техника", вып. 2, 1970, с. 64-68.

57. ГРОМЫКО Г.Л. Об использовании корреляционного метода в экономических исследованиях. - Вестник МГУ, Экономика. М., 1970, № 6, с. 86-89.

58. РАЙСКАЯ Н.Н., ФРЕНКЕЛЬ А.А. Некоторые вопросы кластер-анализа. - В кн.: "Вопросы экономико-статистического моделирования и прогнозирования в промышленности". Новосибирск, 1970, с. 71-78.

59. CICOVIC' O., MUJICIC' L. Problem ispitivania veze izmedu nekih orta licnosti i stava radnika prema zaladanju na rady.- Tehnika, Praha, 1970, 25, N 9, Organiz, rada, tom. 20, N 9. c. 40-44.

60. BERGMANN H., DOMULA H. Theoretische Ausgangspunkte zur Anwendung des Arbeitsklassifizierung in der Produktionsvorbereifung und Abwicklung. - Sozialist. Arbeitswess, Berlin, 1970, N 4, 37-44.

61. КОССОВ В.В. Теория агрегирования и выбор номенклатуры межотраслевого баланса. - В кн.: "Оптимальное планирование и совершенствование управления народным хозяйством", М., "Наука", 1969, с. 56-70.

62. НЕМЧИНОВ В.С. Экономико-математические методы и модели. Избр. произвед., т.2, М., "Наука", 1967.

63. ЯМАДА И. Теория и применение межотраслевого метода. М., ИЛ, 1963.

64. ЛУМЕЛЬСКИЙ В.Я. Агрегирование матрицы межотраслевого баланса с помощью алгоритма диагонализации матрицы связи. - Автоматика и телемеханика, М., 1970, № 9, с. 69-72.

65. ВЕН В.Л., ЭРЛИХ А.И. Некоторые вопросы агрегирования линейных экономических моделей. - Изв. АН СССР, Тех. кибер., М., 1970, № 5, с. 3-8.

66. ЦЫПКИН Я.З. Основы теории обучающихся систем. М., "Наука", 1970.

Поступила в ред.-изд. отд.
1972 г.