УДК 622.013

В.Н.ПАВЛЫШ, Д-Р ТЕХН. НАУК, ПРОФ., И.В.ДЫННИК, ИНЖЕНЕР-МАТЕМАТИК

Донецкий Национальный Технический Университет

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ (НА ПРИМЕРЕ ОЧИСТНОГО УЧАСТКА ШАХТЫ)

Рассматривается работа технологического объекта с точки зрения Марковского дискретного процесса. Установлены критерии оценки качества работы участка.

В.М.ПАВЛИШ, Д-Р ТЕХН. НАУК, ПРОФ., І.В.ДИННІК, ІНЖЕНЕР-МАТЕМАТИК

Донецький Національний Технічний Університет

ЧИСЛЕНЕ РІШЕННЯ ЗАДАЧІ УПРАВЛІННЯ КОМПЛЕКСНИМ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ (НА ПРИКЛАДІ ОЧИСНОЇ ДІЛЯНКИ ШАХТИ)

Розглядається робота технологічного объекта з точки зору Марковського дискретного процесу. Знайдені критерії оцінки якості роботи ділянки.

V.N.PAVLYSH, DOCTORS DIFFER OF TECHNICAL ENGINEERING, PROFESSOR, I.V.DYNNIK, ENGINEER-MATHEMATICIAN

Donetsk National technical university

TECHNOLOGICAL COMPLEX MANAGEMENT PROBLEMS NUMERAL SOLUTIONS (USING EXAMPLE OF PURIFYING MINE'S SECTION)

Functioning of a technological method is considered as a Markov discrete process. Criterions of section's functioning qualities appraisal are set.

Рассмотрим процесс работы участка как Марковский дискретный процесс с непрерывным временем. На основе интерпретации [1] он состоит в переходе из одного дискретного состо яния в другое в случайные моменты времени. Если оценить каждое состояние z_i доходом , который приносит система за еди ницу времени пребывания в данном состоянии, и оценить каждый переход из состояния z_i в состояние z_j доходом от этого перехода d_{ij} руб., то процесс станет Марковским процессом с доходами. Теперь развитие процесса в том или ином направлении влечет за собой изменение общей суммы дохода sd (t), получаемого за все время работы системы.

Предположим теперь, что в каждом опорном состоянии z_i недопустимы различные варианты организации работы, организации персонала и обслуживания механизмов, т. е. существуют различные варианты управления участком. Назовем эти варианты стратегиями и будем в дальнейшем обозначать их как $S^l_i(l=1, 2, 3, \dots, k_i)$, где k_i — число стратегий в состоянии; i — номер состояния; l — номер стратегии. Каждой стратегии S^1_i будет соответствовать свой доход d^l_{ij} в единицу времени и свои выбор интенсивностей перехода $X^l_{ij}(j = 1, 2, 3, ..., N)$ в каждое опорное состояние. Развитие процесса в будущем и величина суммарного дохода sd (t) существенно зависит от выбора той или иной стратегии в каждом состоянии.

Пусть имеется система, работа которой описывается вектором состояний $z = (z_1, z_2, \dots, z_{14})$ и допустим, что в произвольный момент времени t все механизмы на участке исправны, давление на крепь усиленное, имеется утечка масла в масляной магистрали, кровля в призабойном пространстве неустойчива и склонна к обрушению , при этом вектор Z имеет значение

$$z_i=(z^1_1, z^1_2, z^2_3, z^1_4, z^1_5, z^1_6, z^2_7, z^1_8, z^2_9, z^1_{10}, z^1_{11}, z^2_{12}, z^2_{13}, z^2_{14})$$

и, согласно заданному режиму работы, участок должен давать P_2 m/ч при максимальной интенсивности v_2 m/мин. В данной обстановке возможно несколько вариантов организации работы на участке, каждый из которых образует стра тегию.

Предположим, что можно изменять толщину снимаемой стругом стружки в пределах 50—150 мм (мощность пласта m м, объемный вес угля γ), тогда возможны следующие варианты работы участка.

Первый возможный вариант. Ширина снимаемой стружки 50 мм; количество угля с одного шага $q_1 = 0,05/m\gamma$. Время, затрачива емое на один шаг, $t_1=(t_{раб}+t_{хол}+t_{передв})$, мин. Тогда интенсив ность $v_1=q_1/t_1$ m/мин.

Второй возможный вариант. Ширина снимаемой стружки 75 мм:$q_2=0,075m\gamma$, m; Время, затрачива емое на один шаг $t_2=(t_{2раб}+t_{2хол}+t_{2перезв})$ $v_2=q_2/t_2$, m/мин.

Третий возможный вариант. Ширина снимаемой стружки 100 мм:$q_3=0,\backslash 100\ m\gamma$, m;$t_3=(t_{3раб}+t_{3хол}+t_{3перезв})$ $v_3=q_3/t_3$, m/ми.н

Четвертый возможный вариант. Ширина стружки 125 мм: $c_4=q_4/t_4$, m/мин.

Пятый возможный вариант. Ширина стружки 150 мм;$v_5=q_5/t_5$, m/мин

Подсчитав интенсивность для каждой ширины стружки, нужно выбрать допустимые по условию $v_1<v_2$. Предположим, что допустимой оказалась ширина стружки 50, 75 и 100 мм.

Тогда, для того чтобы дать добычу P_2 m/ч, можно или работать с шириной стружки 50 мм и делать $n_1=P_2/q_1$ шагов в час, что возможно, если $n_1t_1<60$ мин, или работать с шириной стружки 75 мм и делать $n_2=P_2/q_2$ шагов в час, что возможно, если $n_2t_2\leq 60$ мин, или работать с шириной стружки 100 мм и делать $n_3=P_2/q_3$ шагов в час, что возможно, если $n_3t_3\leq 60$ мин.

Предположим, что заданный режим P_2 m/ч может быть обеспечен при всех трех вариантах работы, причем в первом случае следует делать n_1 во втором случае n_2, а в третьем n_3 шагов в час: $n_3<n_2<n_1$.

Тогда в каждом варианте работы образуется свой резерв времени на выполнение вспомогательных операций $t_{iвспом}=60-t_in_i$ (i=1, 2, 3).

Это время может быть использовано на устранение имеющихся на участке помех (ликвидация утечки, подкрепление возможных нару шений кровли, зачистка вывалов угля или породы, зачистка межсекционных карманов и т. д.).

Таким образом, окончательно намечаются следующие стратегии:

S^1_i — ширина стружки 50 мм, никаких остановок и вспомогательных работ не производится, так как $t_{вспом}$ мало;

S^2_i — ширина стружки 75 мм, через k_1 шагов производится остановка на время t_{k_1}, производятся работы но зачистке, под держанию штрека и поиску моста утечки масла;

S^3_i — ширина стружки 100 мм, через k_2 шагов производится остановка на время t_{k_2} и производятся работы по зачистке, под креплению и поиску места утечки масла.

Так как $k_2<k_1$, а $t_{k_2} > t_{k_1}$, то в третьей стратегии перечень вспомогательных работ по ликвидации помех может быть расширен.

Приведенный перечень носит чисто иллю стративный характер. Если в заданном режиме работы не указывается точный объем добычи, а даны лишь допустимые пределы добычи и интенсивности по условиям пропускной способности

$$v_i<v_1,\ m/мин,\ P<P_1,\ m/ч;$$
$$v_i<v_2,\ m/мин,\ P<P_2,\ m/ч,$$

то содержанием стратегии могут стать различные варианты интен сивности и длительности остановок для ликвидации помех.

Рассматривая процесс управления участком как дискретный процесс принятия решений в зависимости от создавшийся обстановки (состояние системы), можно управлять участком, выбирая оптималь ную для каждого опорного состояния стратегию. Критерием опти мальности можно считать получение максимального суммар ного дохода sd (t) за все время работы участка. Опишем изменения полного ожидаемого дохода в зависимости от времени t, оставшегося .до окончания процесса.

Пусть $sd_i(t)$ — математическое ожида ние полного дохода, который может быть получен за время , оста ющееся до окончания процесса, если работа начинается из состояния z_i.

Если λ_{ij}— математическое ожидание числа событий, пере водящих систему из состояния z_i в z_j в единицу времени, то x_{ij} есть математическое ожидание числа тех же событий за время Δt:

$$\lambda_{ij}\Delta t = \sum_{k=1}^{\infty} kR_k(\Delta t)$$

где $R_k(\Delta t)$ — вероятность появлений k событий за время Δt. Считая Δt малым ввиду ординарности потока событии, получаем $\sum_{k=2}^{\infty} kR_k(\Delta t) = 0(\Delta t)$

и, следовательно, $\lambda_{ij}\Delta t=R_1(\Delta t)$,

то есть $\lambda_{ij}\Delta t$ — вероятность одного перехода из состояния z_i в состо яние z_j, а вероятность перехода из состояния z_i хотя бы в одно из состоянии z_j ($i\neq j$) будет равна $\sum_{i\neq j}\lambda_{ij}\Delta t$.

Вероятность того, что за время Δt не произойдет ни одного перехода из состояния z_i в состоя ние z_j ($i\neq j$), как вероятность противоположного события, равна

$$1-\sum_{j=1}\lambda_{ij}\Delta t$$

Запишем математическое ожидание полного дохода $sd_i(t+\Delta t)$, когда до окончания процесса остается время $t+\Delta t$, через математическое ожидание полного дохода $sd_i(t)$.

Обозначая $\sum_{i\neq j}\lambda_{ij}=\lambda_{ij}$,получим

$$sd_i(t+\Delta t)=(1+\lambda_{ij}\Delta t)[d_{ij}\Delta t+sdi(t)]+\sum_{j\neq i}\lambda_{ij}\Delta t[d_{ij}+sd_j(t)]$$

$$sd_i(t+\Delta t)=d_{ij}\Delta t+\lambda_{ij}d_{ij}(\Delta t)^2+sd_i(t)+\lambda_{ij}sd_i(t)\Delta t+$$
$$+\sum_{j\neq i}\lambda_{ij}d_{ij}\Delta t+\sum_{j\neq i}\lambda_{ij}sd_j(t)\Delta t\quad,$$

$$\frac{sd_i(t+\Delta t)-sd_i(t)}{\Delta t}=d_{ij}+\lambda_{ij}d_{ij}\Delta t+\sum_{j\neq 1}\lambda_{ij}d_{ij}+\sum_{j}\lambda_{ij}sd_j(t)$$

При переходе к пределу при $\Delta t\to 0$, получим

$$\frac{dsd_i(t)}{dt}=d_{ij}+\sum_{j\neq i}\lambda_{ij}d_{ij}+\sum_{j}\lambda_{ij}sd_j(t)\quad,$$

или, обозначая ,приходим к системе линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами

(i=1, 2, 3, . . . , N)

или в матричном виде , где q — вектор-столбец с компонентами; А — матрица интенсивностей перехода.

Для произвольного Марковского процесса с доходами t вектор sd(t) решения системы может быть представлен в виде выражения V=T(0)q+SV(0), где V (0) — вектор начальных условий; T (0) — переходные составляющие преобразования Лапласа; S — матрица предельных вероятностей состояний.

Если процесс работы очистного участка рассматривать как Марковский процесс большой продолжительности, то можно преобразовать систему линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами в систему линейных алгебраических уравнений:

$$g_i = d_i + \sum_j \lambda_{ij} (tg_i + sd_i)$$

(i=1, 2, 3, . . . , N)

$$g_i = d_i + t\sum_j \lambda_{ij} d_i + \sum_j \lambda_{ij} sd_i$$

или

В работе рассматривается процесс работы участка как эргодический Марковский процесс с доходами и состояниями, описываемыми матрицей вероятностей переходов и матрицей доходов. Предположим , что процесс совершает переходы в течение очень долгого времени , то $g_i = g$ (i = 1, 2, 3, . . . , N) и слагаемое

$$t\sum_j \lambda_{ij} g_i = tg \sum_j \lambda_{ij}$$

Так как $\sum \lambda_{ij} = 0$, то система преобразуется к виду

$$g = d_i + \sum_j \lambda\, sd_i$$

(i=1, 2, 3, . . . , N)

Определение оптимальной стратегии S_i, для каждого значения вектора состояний Z теперь может быть определено итерационным методом Р. А. Ховарда [1] , который заключается в определении величин sd_i, (i = 1, 2, 3, ..., N), из системы при $sd_i \to 0$ и улуч шении решения путем выбора стратегии S_i, максимизирующей выражение

$$d_i^l + \sum_j \lambda_{ij}^l sd_i$$

на каждом итерационном цикле.

Основной итерационный цикл может быть представлен следующим алгоритмом:

- Первый шаг. Определение весов. Используя λ_{ij} и d_i для данного решения, найти прибыль и относительные веса v_i из системы уравнений $g_i + v_i = d_i + \sum_j \lambda_{ij} sd_i$;
- Второй шаг. Улучшение решения. Для каждого состояния С , используя относительные веса предыдущего решения, находим стратегию S_i, которая максимизирует критерий $d_i^l + \sum_j \lambda_{ij}^l sd_i$. Затем принять эту стратегию за новое решение в i состоянии, заменить d_i и λ_{ij} и перейти к первому шагу.

Итерационный цикл можно начинать с любого шага . Если в качестве исходного выбирается первый шаг, то нужно подобрать начальное решение; если второй , то необходимо задать набор начальных весов. Итерации прекращаются , когда совпадут решения двух последовательных итераций.

Итак , применяемый здесь итерационный метод обладает следующими свойствами:

- Определение оптимального решения в процессе последовательных решений сводится к решению системы линейных уравнений с последующим сравнением.
- Каждое следующее решение, находящееся с помощью итерационного цикла, имеет большую прибыль, чем предыдущее.
- Итерационный цикл будет окончен при получении решения, которое обеспечивает наибольшую допустимую в данной задаче прибыль; это решение находится обычно за небольшое число итераций.

Список литературы

1. **Ховард Р.А.** Динамическое программирование и Марковские процессы, М.:Советское радио ,1974г., 192с.