

Предложенная методика позволяет также выявлять главные причины ухудшения экономического состояния и динамику изменения экономического состояния с течением времени. Используя статистические методы, можно дать краткосрочный прогноз экономического развития регионов.

Для реализации данной методики разработано программное обеспечение на C++ Bilder, которое можно легко адаптировать с учетом специфики регионов.

### Литература

1. Zadeh L.A. Fuzzy sets // Inf. Contr., 1965. Vol. 8. P. 338—358.
2. Севастьянов П.В., Туманов Н.В. Многокритериальная идентификация и оптимизация технологических процессов. Мн.: Наука і тэхніка, 1990.

<http://edoc.bseu.by>

В.Г. Кириенко, Р.Н. Пальчиков  
БГЭУ (Минск)

## ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГСМ

Процесс обеспечения горючим рассмотрим с точки зрения функционирования двух основных подсистем (транспортирования и хранения). Эти две системы в любой момент времени  $t$  могут находиться в одном из своих состояний  $X_0, X_1, \dots, X_n$ . Такие системы (процессы) называются дискретными случайными системами (процессами). Число состояний процесса (систем) может быть как конечным, так и бесконечным. С точки зрения прикладного в настоящем исследовании рассматривается конечное число состояний СОГ.

Сумма времени технологических операций плюс задержки, присущие циклу, определим как рабочее время. АСЗТГ, обеспечивающие совокупность операций, составляющих цикл, назовем звеном. Точки между звеньями, в которых горючее может храниться некоторое время, — это склады (базы) горючего. Схематически описанный процесс представлен на рис.1.

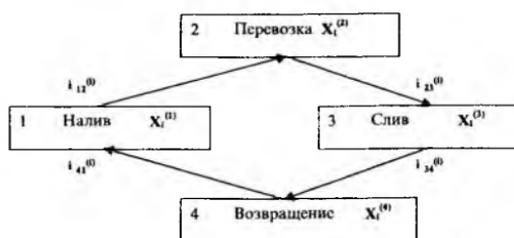


Рис. 1. Состояния автомобильных средств заправки и транспортирования горючего

Обозначим число АСЗТГ  $i$ -го типа, находящимся в  $k$ -м состоянии  $X_i^{(k)}$ , а  $\mu_{kl}^{(i)}$  — интенсивность перехода автомобилей  $i$ -го типа из состояния  $k$  в состояние  $l$ . Тогда цикл работы АСЗТГ может быть описан системой дифференциальных уравнений вида:

$$\begin{aligned}
 \dot{X}_i^{(1)} &= -\frac{Q_{пз\_УМВГ}}{V_{i\_АСЗТГ} \cdot m^{(1)}} \cdot X_i^{(1)} + \frac{v_{ср}}{L+T_{зад} \cdot v_{ср}} \cdot X_i^{(4)} \quad (1) \\
 \dot{X}_i^{(2)} &= -\frac{v_{ср}}{L+T_{зад} \cdot v_{ср}} \cdot X_i^{(2)} + \frac{Q_{пз\_УМВГ}}{V_{i\_АСЗТГ} \cdot m^{(1)}} \cdot X_i^{(1)} \\
 \dot{X}_i^{(3)} &= -\frac{Q_{i\_факт}}{V_{i\_АСЗТГ} \cdot m^{(3)}} \cdot X_i^{(3)} + \frac{v_{ср}}{L+T_{зад} \cdot v_{ср}} \cdot X_i^{(2)} \\
 \dot{X}_i^{(4)} &= -\frac{v_{ср}}{L+T_{зад} \cdot v_{ср}} \cdot X_i^{(4)} - \frac{Q_{i\_факт}}{V_{i\_АСЗТГ} \cdot m^{(3)}} \cdot X_i^{(3)},
 \end{aligned}$$

где  $T_i^{(1)}$  — среднее время пребывания АСЗТГ в состоянии 1, ч;  $T_{i\_нал}$  — среднее время налива, ч;  $V_{i\_АСЗТГ}$  — вместимость АСЗТГ  $i$ -го типа,  $m^3$ ;  $Q_{пз\_УМВГ}$  — производительность поста заправки УМВГ,  $m^3/ч$ ;  $Q_{УМВГ}$  — производительность УМВГ,  $m^3/ч$ ;  $n$  — количество постов УМВГ, ед.;  $\eta_{спу}$  — коэффициент использования сливо-наливного устройства (СНУ),  $T_{i\_рейса}^{(2)}$  — среднее время рейса АСЗТГ от одного склада до другого, ч.  $L$  — расстояние между складами, км;  $v_{ср}$  — средняя скорость транспортирования горячего, км/ч;  $T_{зад}$  — время задержки, ч;  $T_{i\_слив}$  — среднее время слива АСЗТГ, ч.;  $V_{i\_АСЗТГ}$  — вместимость АСЗТГ  $i$ -го типа,  $m^3$ ;  $Q_{i\_факт}$  — фактическая производительность средств перекачки, осуществляющих слив горячего,  $m^3/ч$ ;  $m^{(3)}$  — количество площадок для слива горячего.

Основными состояниями горячего при перемещении его от одного склада к другому будут: горячее на складе I; горячее транспортируется; горячее на складе II.

Поэтому система дифференциальных уравнений, описывающих процесс перемещения  $j$ -го вида горячего, имеет вид:

$$\begin{aligned}
 \dot{y}_j^{(1)} &= -\mu_{12}^{(1)} \cdot V_{i\_АСЗТГ} \cdot X_i^{(1)} + \mu_{01}^{(1)} \cdot V_{i\_АСЗТГ} \cdot X_i^{(0)} \\
 \dot{y}_j^{(2)} &= -\mu_{23}^{(1)} \cdot V_{i\_АСЗТГ} \cdot X_i^{(2)} + \mu_{12}^{(1)} \cdot V_{i\_АСЗТГ} \cdot X_i^{(1)} \\
 \dot{y}_j^{(3)} &= -\mu_{34}^{(1)} \cdot V_{i\_АСЗТГ} \cdot X_i^{(3)} + \mu_{23}^{(1)} \cdot V_{i\_АСЗТГ} \cdot X_i^{(2)}. \quad (2)
 \end{aligned}$$

Таким образом, функционирование системы обеспечения горячим может быть описано с помощью систем уравнений (1, 2).

Количество этих уравнений может быть увеличено за счет увеличения сети складов (баз) горячего, а также за счет потоков потребления горячего. Система, состоящая из уравнений (1, 2), интегрируется методом Рунге-Куты. Процесс движения горячего в обобщенном виде сводится к четырем действиям: хранение, налив, транспортирование и слив. Как правило, налив и слив занимают незначительную долю времени по сравнению с хранением и транспортировкой. Поэтому включим время слива и налива во время хранения.

А.А. Крукова  
БГЭУ (Минск)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕМОНЕТАРНЫХ ТРАНЗАКЦИЙ В ЭКОНОМИКЕ

Одной из ключевых черт экономики со структурными искажениями (большие естественные монополии и широкое распространение сети нефер-