S. N. Gureyev, Post-graduate, "Izhevsk Radio Manufacturing Plant" JSC
P. G. Kirian, Post-graduate, "Izhevsk Radio Manufacturing Plant" JSC
N. P. Kuznetsov, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University;
V. V. Kulagin, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University.

Features of "GLONASS / GPS" System Use to Control the Automobile Transportation Safety

The paper presents the results of testing the system of automobile transportation safety control in Russia based on application of global positioning systems.

Key words: system of global positioning GLONASS, system of mobile objects monitoring, monitoring and management of automobile transportation

---

УДК 672.1

С. С. Суханцев, аспирант, Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет
М. Б. Гитман, доктор физико-математических наук, профессор, Пермский национальный исследовательский политехнический университет
А. С. Елисеев, аспирант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНА В ЗАДАЧЕ ПЕРЕПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Рассматривается оценка устойчивости производственного плана в задаче перепланирования производства. Для решения задачи используются элементы теории игр и теории нечетких множеств.

Ключевые слова: устойчивость производства, нечеткие стратегии, планирование производства.

Производство на сегодняшний день представляет собой сложную систему [1]. Эта система состоит из множества компонентов, связанных между собой и, соответственно, влияющих друг на друга. Задача планирования и перепланирования производства является одной из самых важных и сложных [2]. Отметим, что обычно планирование и перепланирование осуществляется в условиях неполной информации [1].

В перепланировании будут задействованы определенные подразделения предприятия, каждое из которых может повлиять на результат производственного процесса. При этом всем подразделениям необходимо найти такой компромисс в перепланировании, который устраивал бы каждого. Инструменты для решения таких задач рассматриваются в теории игр [3].

Рассмотрим задачу перепланирования как задачу теории игр. В качестве игроков выберем основные подразделения предприятия: снабжение, производство, отдел качества, сбыт и менеджмент (в качестве игроков могут быть выбраны различные элементы предприятия: цеха, рабочие центры, персонал и т. д.). Будем считать, что производственный план уже сформирован, но в определенный момент времени произошло возмущение системы. При этом чтобы изделия были выпущены точно в срок, можно использовать как дополнительные мощности подразделений, так и некоторые дополнительные обязательства с условием минимальных затрат на них.

Постановка задачи

Пусть стратегии каждого из подразделений (j) определяются как дополнительные человеко-часы, которые данное подразделение может выделить сверх нормы: $(x_j^i / \mu(x_j^i))$. Функция принадлежности [4, 5] показывает степень, с которой игрок (подразделение) может принять предложенные изменения. При этом 0 – это полное удовлетворение изменениям, а 1 – полное непринятие изменений. Так как дополнительные ресурсы каждого из подразделений ограничены, то следует принимать во внимание ограничения на значения стратегий из множеств X_j, а значит, существует элемент $\max x_i$ такой, что $\forall x_j^i \in X_j \Rightarrow \max x_j^i \geq x_j^i$. Теперь функцию принадлежности можно определить как $\mu(x_j^i) = \dfrac{x_j^i}{\max x_j^i}, 0 \leq \mu(x_j^i) \leq 1$. Поведение функции принадлежности для данной задачи можно описать в виде, указанном на рис. 1.

На рисунке $L_{\text{пр}}$ – уровень принятия, то есть степень удовлетворения изменениями существующего плана (для каждого из подразделений этот уровень определяется отдельно); x^* – максимальное количество человеко-часов, которое может быть выделено подразделением сверх нормы.

Функция выигрыша каждого из игроков показывает затраты, соответствующие выбранной стратегии. Следует отметить, что если сумма выигрышей всех игроков в ситуации равновесия будет больше, чем штраф предприятию, то тогда целесообразнее выплатить штраф и оставить сформированный план без изменений.

Получено 08.04.13

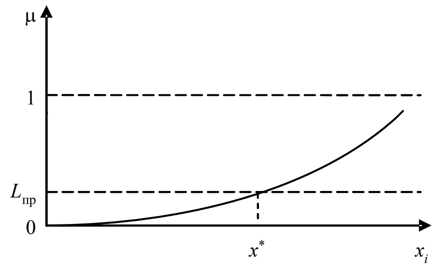

Рис. 1. Вид функции принадлежности

Предположим, что после возмущения производственный план отклонился на время, равное T, а выплата по неустойке будет определяться как cT, где c – это штраф на единицу просроченного времени.

Определим функцию выигрыша следующим образом: $u_j^i : (x_j^i / \mu(x_j^i)) \to c_j^i x_j^i$, где u_j^i – функция выигрыша для j-го игрока при i-й стратегии; $(x_j^i / \mu(x_j^i))$ – i-я стратегия j-го игрока; c_j^i – стоимость сверхурочного часа работы j-го игрока при i-й стратегии. Тогда ограничение для выбранной стратегии i будет иметь вид $\sum_{j=1}^{N} c_j^i x_j^i < cT.$

Будем называть план устойчивым [6], если, решая задачу перепланирования, можно найти равновесие по Нэшу [3]. При этом $\sum_{j=1}^{N} c_j^i x_j^i < cT < \varepsilon,$ где ε – уровень затрат, которые предприятие может допустить. Под равновесием Нэша будем понимать такое равновесие, при котором подразделениям предприятия будет невыгодно отклоняться от выбранных стратегий для перепланирования.

Решением поставленной задачи будет пересечение всех нечетких стратегий игроков с отображением в пространство значений функций выигрыша [4]:

$$u_j^i : \bigcap_{j=1;}^{5} (x_j^i / \mu(x_j^i)) \to \bigcap_{j=1}^{5} c_j^i x_j^i, \forall i : 0 < \mu(x_j^i) < L_{\text{пр}}.$$

Пример решения задачи

Предположим, что предприятие выпускает изделия по заранее сформированному плану производства. Срок сдачи 100 готовых изделий заказчику 7-го числа текущего месяца. По плану, производство изделий начинается 1-го числа текущего месяца. Производственный план по изделию x выглядит следующим образом (табл. 1).

Таблица 1. **План производства изделия**

Число	1-е	2-е	3-е	4-е	5-е	6-е	7-е
Количество готовых изделий X	14	14	15	14	14	15	14
Итого на конец дня	14	28	43	57	71	86	100

Снабжение обеспечивает производство всеми необходимыми материалами, причем существует возможность завести готовые изделия к указанному сроку, но с затратами в два раза больше, чем их себестоимость при производстве.

Пусть на 3-й день производства случилась поломка оборудования. При этом вместо запланированных 15 изделий было изготовлено к концу дня всего 3 единицы, на 4-й не изготовлено ничего. Таким образом, если не отходить от плана производства, то к концу 7-го числа всего будет произведено 73 изделия. Перепланированный график выпуска будет выглядеть следующим образом (табл. 2).

Таблица 2. **Факт производства изделия**

Число	1-е	2-е	3-е	4-е	5-е	6-е	7-е
Количество готовых изделий X	14	14	3	0	14	15	14
Итого на конец дня	14	28	31	31	45	60	74

Очевидно, что за три дня необходимо произвести 27 деталей сверх дневной нормы. Отметим, что нарушение обязательств влечет за собой неустойку, равную 50 единицам затрат.

Чтобы минимизировать затраты, необходимо каждый день производить по 9 изделий, таким образом уравновесив нагрузку на цех.

Рассмотрим следующий вариант решения задачи. Пусть изменение плана осуществляется за счет двух подразделений – производство и снабжение (N = 2). При этом набор стратегий (количество готовых изделий, которые каждый из игроков (производство и снабжение) может получить к концу одного рабочего дня) $X_1 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}$, $X_2 = \{1, 2,3, 4, 5\}$.

Функции принадлежности для каждого из игроков (количество дополнительных изделий для производства и снабжения соответственно):

$$\mu(x_j^1) = \frac{x_j^1}{10}, 0 \le \mu(x_j^1) \le 1, j = 1, 2, ..., 10;$$

$$\mu(x_j^2) = \frac{x_j^2}{5}, 0 \le \mu(x_j^1) \le 1, j = 1, 2, ..., 5 .$$

Ограничения на значения функций принадлежности можно определить следующим образом:

$$\mu(x_j^i) = \begin{cases} 0 \le \mu \le 0,5 - \text{да}, \\ 0,5 < \mu \le 0,7 - \text{скорее да}, \\ 0,7 < \mu \le 0,9 - \text{скорее нет}, \\ 0,9 < \mu \le 1 - \text{нет}. \end{cases}$$

Функции выигрыша каждого из игроков (в единицах затрат) будут иметь вид

$$u_j^1 : (x_j^1 / \mu(x_j^1)) \to -x_j^1, j = 1, ..., 10;$$

$$u_j^2 : (x_j^2 / \mu(x_j^2)) \to -2x_j^2, j = 1, ..., 5 .$$

График, отображающий функции принадлежности с ограничениями в зависимости от стратегий игроков, представлен на рис. 2 (сплошная линия показывает взаимосвязь дополнительных изделий и функций принадлежности для снабжения, пунктирная – для производства). Стратегии игроков с функциями выигрыша представлены в табл. 3. Так как необходимо в день 9 дополнительных изделий, то возможные варианты могут принимать лишь значения, выделенные в табл. 3. Согласно функциям принадлежности мы можем рассмотреть два наилучших варианта:

- производство готово выполнить дополнительные обязательства, а снабжение, скорее, готово выполнить, чем не выполнить;
- снабжение готово выполнить дополнительные обязательства, а производство, скорее, готово выполнить, чем нет.

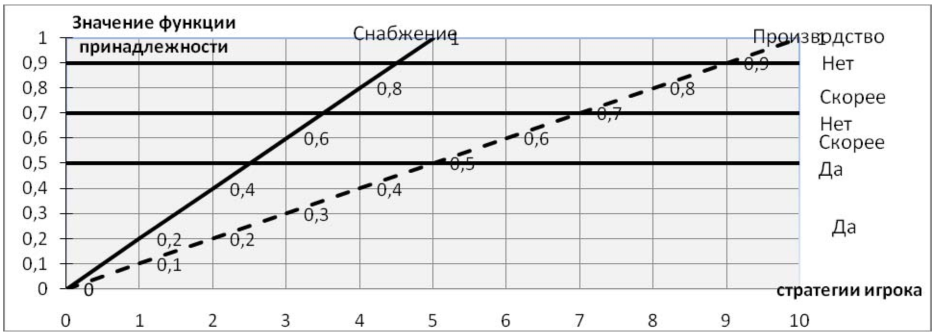

Рис. 2. График стратегий и функций принадлежности

Таблица 3. **Стратегии игроков с функциями выигрыша**

	(0/0)	(1/0,1)	(2/0,2)	(3/0,3)	(4/0,4)	(5/0,5)	(6/0,6)	(7/0,7)	(8/0,8)	(9/0,9)	(10/1)
(0/0)	0;0	0;–1	0;–2	0;–3	0;–4	0;–5	0;–6	0;–7	0;–8	0;–9	0;–10
(1/0,2)	–2;0	–2;–1	–2;–2	–2;–3	–2;–4	–2;–5	–2;–6	–2;–7	–2;–8	–2;–9	–2;–10
(2/0,4)	–4;0	–4;–1	–4;–2	–4;–3	–4;–4	–4;–5	–4;–6	–4;–7	–4;–8	–4;–9	–4;–10
(3/0,6)	–6;0	–6;–1	–6;–2	–6;–3	–6;–4	–6;–5	–6;–6	–6;–7	–6;–8	–6;–9	–6;–10
(4/0,8)	–8;0	–8;–1	–8;–2	–8;–3	–8;–4	–8;–5	–8;–6	–8;–7	–8;–8	–8;–9	–8;–10
(5/1)	–10;0	–10;–1	–10;–2	–10;–3	–10;–4	–10;–5	–10;–6	–10;–7	–10;–8	–10;–9	–10;–10

Данные варианты были взяты в качестве основных решений задачи, так как функции принадлежности принимают наилучшие из возможных вариантов. Исходя из значений функций выигрыша, приходим к выводу, что наименее затратным будет вариант, когда производство примет стратегию, равную 7, а снабжение – равную 2.

Решение задачи означает, что 9 дополнительных изделий в день не вызовет особых недовольств на производстве и никаких проблем у снабжения и минимизирует затраты на то, чтобы отгрузить готовые изделия заказчику вовремя.

Выводы

В статье приведена оценка устойчивости перепланирования производственного плана в задаче перепланирования производства. Приведена и решена задача по перепланированию производственного плана с использованием теории нечетких множеств и теории игр.

Библиографические ссылки

1. *Новиков Д. А.* Теория управления организационными системами. – М. : МПСИ, 2005. – 584 с.

2. *Гаврилов Д. А.* Управление производством на базе стандарта MRPII. – СПб. : Питер, 2003.

3. *Петросян Л. А.*, *Зенкевич Н. А.*, *Семина Е. А.* Теория игр : учеб. пособие для ун-тов. – М. : Высш. шк. ; Университет, 1988. – 304 с. : ил.

4. *Заде Л. А.* Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – Москва : Мир, 1976. – 168 с.

5. *Кофман А.* Введение в теорию нечетких множеств : пер. с фр. – М. : Радио и связь, 1982. – 432 с. : ил.

6. *Елисеев А. С.*, *Федосеев С. А.*, *Гитман М. Б.* К вопросу об устойчивости систем контроля качества на предприятии // Вестник Магнитогорского государственного технического университета имени Г. И. Носова. – 2011.– № 34. – С. 34–36.

S. S. Sukhantsev, Post-graduate, Perm State Humanitarian Pedagogic University
M. B. Gitman, DSc (Physics and Mathematics), Professor, Perm National Research Polytechnic University
A. S. Elyseev, Post-graduate, Perm National Research Polytechnic University

Evaluation of Production Plan Stability in the Problem of Production Rescheduling

In the highlight of the work there is the evaluation of production plan stability within the production rescheduling problem. The elements of game theory and fuzzy sets theory are used to solve this problem.

Key words: production stability, fuzzy strategies, production scheduling.