

УДК 65.012.123

К.О. ЗАПАДНЯ

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

ЛОГИСТИКА ПОСТПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СЛОЖНОЙ ТЕХНИКИ

Ставится и решается актуальная задача выбора и обоснования архитектуры сети постпроизводственного (сервисного) обслуживания произведенной сложной техники. Задача решается в два этапа. На первом этапе с помощью целочисленного линейного программирования оптимизируется структура региональной сети сервисного обслуживания. На втором этапе с помощью мультиагентного моделирования имитируется формирование заявок и сервисное обслуживание техники для уточненного расчета основных показателей (качество обслуживания, затраты, время обслуживания). Предложенный подход целесообразно использовать для обоснования региональной сети сервисного обслуживания сложной техники.

Ключевые слова: *постпроизводственное обслуживание, региональная сеть сервисного обслуживания, оптимизация сервисного обслуживания, мультиагентное моделирование.*

Введение

В настоящее время большое внимание в логистике уделяется постпроизводственному обслуживанию произведенной продукции [1].

В первую очередь это относится к гарантийному сервисному обслуживанию техники. Качество обслуживания влияет на покупательную способность населения и является одним из факторов, связанных с конкурентоспособностью продукции.

Поэтому актуальна тема предлагаемой публикации, в которой рассматриваются вопросы рационального выбора системы сервисного обслуживания с учетом логистических требований.

Постановка задачи исследования

Рассмотрим задачу постпроизводственного обслуживания произведенной технической продукции для регионального уровня. Пусть для каждого j -го региона ($j = \overline{1, N}$), в котором находится эксплуатируемая техническая продукция, создается региональная система постпроизводственного обслуживания, которая включает в себя распределенную структуру пунктов сервисного обслуживания (ПСО).

Количество этих пунктов и их месторасположение влияет на качество обслуживания и является одним из главных показателей сервисного обслуживания. Необходимо выбрать рациональную структуру сети ПСО с учетом логистических требований.

Решение задачи исследования

Решение задачи из-за её сложности и большой размерности осуществим в два этапа. На первом этапе выберем рациональную структуру региональной сети ПСО. На втором проведем динамическое моделирование процессов сервисного обслуживания для получения подробных и точных значений показателей сервисного обслуживания.

Выбор рациональной архитектуры сети сервисного обслуживания

Для выбора рациональной архитектуры сети сервисного обслуживания воспользуемся методом целочисленного линейного программирования. Введем булеву переменную $X_{ij} \in \{0, 1\}$, где j – соответствует региону, а i – соответствует выбранному варианту сети сервисного обслуживания ($i = \overline{1, n_j}$) в j -м регионе (вариант зависит от возможного количества ПСО и их мест расположения в j -м регионе). Тогда $X_{ij} = 1$ в том случае, когда для j -го региона выбран i -й вариант сервисного обслуживания,

$X_{ij} = 0$ – в противном случае. При этом $\sum_{i=1}^{n_j} X_{ij} = 1$,

что означает, что будет обязательно выбран какой-то i -й вариант сервисного обслуживания для j -го региона. Для оценивания возможных вариантов сервисного обслуживания будем использовать следующие показатели:

t_{ij} – оценка времени, затраченного на сервисное обслуживание одного изделия (зависит от количества заявок, времени транспортировки изделия, очереди на обслуживание, времени, затраченного на ремонт изделия) для выбранного i -го варианта сервисного обслуживания в j -м регионе;

$$t_{ij} = t_{C_{ij}} + t_{T_{ij}},$$

где $t_{C_{ij}}$ – усредненная оценка времени технического обслуживания (ремонта) одного изделия в ПСО;

$t_{T_{ij}}$ – усредненная оценка времени транспортировки изделия к ПСО и обратно к потребителю.

Заметим, что $t_{C_{ij}}$ и $t_{T_{ij}}$ будут уменьшаться при увеличении количества ПСО в j -м регионе, и наоборот – увеличиваться в случае уменьшения их количества. Очевидно, что самые большие значения $t_{C_{ij}}$ и $t_{T_{ij}}$ будут для варианта с одним ПСО в j -м регионе.

ω_{ij} – оценка затрат на сервисное обслуживание одного изделия для j -го региона и i -го варианта структуры сети ПСО;

$$\omega_{ij} = \omega_{C_{ij}} + \omega_{T_{ij}},$$

где $\omega_{C_{ij}}$ – усредненная оценка затрат на сервисное обслуживание одного изделия в ПСО для j -го региона и i -го варианта структуры сети ПСО;

$\omega_{T_{ij}}$ – усредненная оценка затрат на транспортное обслуживание одного изделия техники для j -го региона и i -го варианта структуры сети ПСО;

K_{ij} – оценка уровня качества сервисного обслуживания одного изделия ($0 \leq K_{ij} \leq 1$) для j -го региона и i -го варианта структуры сети ПСО.

Очевидно, что $K_{ij} \rightarrow 1$ в случае разветвленной структуры сети ПСО в j -м регионе.

С учетом предложенных показателей возможны следующие постановки задачи выбора рациональной структуры сети ПСО для обслуживания произведенных технических изделий.

1. Необходимо обеспечить высокий уровень качества K сервисного обслуживания одного изделия произведенной техники:

$$\max K, K = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_j} K_{ij} X_{ij},$$

с учетом следующих ограничений:

$$W \leq W',$$

$$\text{где } W = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_j} \omega_{ij} X_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_j} (\omega_{C_{ij}} + \omega_{T_{ij}}) X_{ij},$$

W – затраты на сервисное обслуживание од-

ного изделия;

W' – допустимые затраты на сервисное обслуживание одного изделия.

$$T \leq T',$$

$$\text{где } T = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_j} t_{ij} X_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_j} (t_{C_{ij}} + t_{T_{ij}}) X_{ij}, \quad T -$$

время сервисного обслуживания одного изделия, T' – допустимое время сервисного обслуживания одного изделия.

2. Необходимо минимизировать время сервисного обслуживания одного изделия:

$$\min T, T = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_j} t_{ij} X_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_j} (t_{C_{ij}} + t_{T_{ij}}) X_{ij},$$

с учетом следующих ограничений:

$$K \geq K',$$

$$\text{где } K = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_j} K_{ij} X_{ij}, \quad K' - \text{ допустимый уровень}$$

качества сервисного обслуживания произведенного технического изделия;

$$W \leq W',$$

$$\text{где } W = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_j} \omega_{ij} X_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_j} (\omega_{C_{ij}} + \omega_{T_{ij}}) X_{ij}.$$

3. Необходимо минимизировать затраты на сервисное обслуживание одного изделия:

$$\min W, W = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_j} \omega_{ij} X_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_j} (\omega_{C_{ij}} + \omega_{T_{ij}}) X_{ij},$$

с учетом следующих ограничений:

$$K \geq K', \text{ где } K = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_j} K_{ij} X_{ij},$$

$$T \leq T', \quad T = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_j} t_{ij} X_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_j} (t_{C_{ij}} + t_{T_{ij}}) X_{ij}.$$

4. Многокритериальная постановка задачи. Учитывая противоречивость предложенных критериев K , T , W , необходимо путем минимизации комплексного критерия Q найти компромисс:

$$\min Q, Q = \alpha_K \cdot \hat{K} + \alpha_T \cdot \hat{T} + \alpha_W \cdot \hat{W},$$

$$\text{где } \hat{K} = \frac{K^* - K}{K^* - K'}, \quad \hat{T} = \frac{T - T^*}{T' - T^*}, \quad \hat{W} = \frac{W - W^*}{W' - W^*},$$

$$0 \leq \alpha_e \leq 1, \sum_{e=1}^3 \alpha_e = 1.$$

Значения $\alpha_K, \alpha_T, \alpha_W$ задаются с помощью экспертов по соответствующим направлениям;

K^*, T^*, W^* – экстремальные значения показателей, найденные при решении задач 1-3. Подставляя выражения K , T , W в предложенный комплекс-

ний критерий Q, получим:

$$Q = \alpha_K \frac{K^* - K}{K^* - K'} + \alpha_T \frac{T - T^*}{T' - T^*} + \alpha_W \frac{W - W^*}{W' - W^*} =$$

$$= \frac{\alpha_K \cdot K^*}{K^* - K'} - \frac{\alpha_K}{K^* - K'} - \frac{\alpha_T \cdot T^*}{T' - T^*} - \frac{\alpha_W \cdot W^*}{W' - W^*} -$$

$$- \frac{\alpha_K}{N(K^* - K')} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_j} K_{ij} X_{ij} +$$

$$+ \frac{\alpha_T}{N(T' - T^*)} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_j} (t_{C_{ij}} + t_{T_{ij}}) X_{ij} +$$

$$+ \frac{\alpha_W}{N(W' - W^*)} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_j} (\omega_{C_{ij}} + \omega_{T_{ij}}) X_{ij}.$$

Оптимизацию комплексного критерия Q необ-

ходимо проводить с учетом ограничений: $\sum_{i=1}^{n_j} X_{ij} = 1$,
 для $j = \overline{1, N}$; $K \geq K', T \leq T', W \leq W'$.

Мультиагентное моделирование сервисного обслуживания

Для моделирования динамических процессов сервисного обслуживания техники воспользуемся методом мультиагентного моделирования [2]. В состав основных агентов имитационного моделирования сети ПСО вошли:

1. Агент «генератор заявок». С помощью «генератора заявок» формируются заявки на сервисное обслуживание техники для каждого i-го ПСО j-го региона. С учетом существующей статистики, а также мнений экспертов выбирается тип закона распределения и его характеристики (математическое ожидание, разброс и т.д.).

2. Агент «обслуживание заявок». С помощью этого агента, на первом этапе, формируется очередь на обслуживание заявок i-го ПСО для j-го региона. Выбор заявки на обслуживание техники из очереди можно осуществить по разным дисциплинам (FIFO, приоритетам и т.д.). На втором этапе имитируется время проведения сервисного обслуживания (ремонта) $t_{C_{ij}}$ (детерминировано или по заданному закону распределения).

3. Агент «транспортировка изделия». С помощью этого агента имитируется время транспортировки изделий $t_{T_{ij}}$ к i-му ПСО j-го региона (детерминировано или случайно) и обратно к потребителям произведенной продукции. При этом можно задать количество транспортных средств для обслуживания j-го региона и формировать возможную очередь на использование транспортных средств.

4. Агент «диспетчер». Координирует взаимодействие вышеперечисленных агентов, отвечает за системное время моделирования и очередь возникающих будущих событий.

5. Агент «результаты моделирования».

Служит для выдачи результатов моделирования в табличной и графической форме. По результатам моделирования принимается решение о продолжении или окончании исследований сервисного обслуживания в j-м регионе.

На рис. 1 представлена структура мультиагентной имитационной модели.

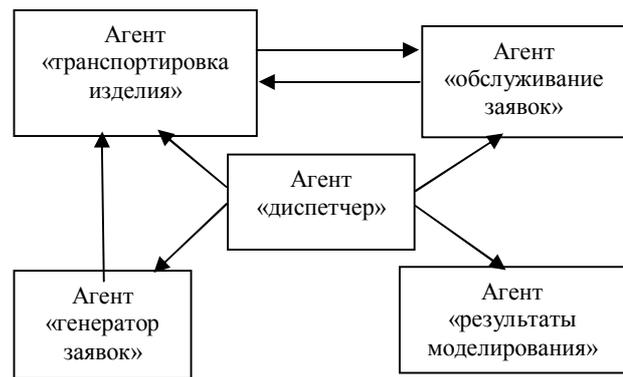


Рис. 1. Структура мультиагентной имитационной модели

В результате многократного экспериментирования с агентной моделью можно уточнить такие характеристики и показатели сервисного обслуживания произведенной продукции:

1. Время $t_{C_{ij}}$ сервисного обслуживания одного изделия в i-м ПСО j-го региона.

2. Время $t_{T_{ij}}$ транспортировки изделия к i-му ПСО и обратно к потребителю для j-го региона.

3. Усредненное время \bar{T} сервисного обслуживания техники (с учетом всех регионов и ПСО).

4. Средняя длина очереди заявок \bar{L}_{ij} на обслуживание техники в i-м ПСО j-го региона.

5. Средняя длина очереди \bar{L} сервисного обслуживания (с учетом всех регионов и ПСО).

6. Количество M_j транспортных средств для обслуживания произведенной продукции в j-м регионе.

7. Количество M транспортных средств для сервисного обслуживания всех регионов $M = \sum_{j=1}^N M_j$.

8. Общее количество обслуженных заявок: - в i-м ПСО для j-го региона (R_{ij});

- для j -го региона (R_j);

- для всей сети ПСО (R).

Полученные значения характеристик и показателей сервисного обслуживания могут служить основой для формирования или изменения архитектуры региональной сети ПСО.

Заключение

Предложенный подход целесообразно использовать для расчета основных показателей сервисного обслуживания произведенной продукции, а также выбора архитектуры сети сервисного обслуживания.

Поступила в редакцию 30.01.2013, рассмотрена на редколлегии 13.02.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф., профессор кафедры программной инженерии И.В. Шостак, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ», Харьков.

ЛОГІСТИКА ПОСТВИРОБНИЧОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СКЛАДНОЇ ТЕХНІКИ

К.О. Западня

Ставиться й вирішується актуальна задача вибору й обґрунтування архітектури мережі поствиробничого (сервісного) обслуговування зробленої складної техніки. Задача вирішується у два етапи. На першому етапі за допомогою цілочисельного лінійного програмування оптимізується структура регіональної мережі сервісного обслуговування. На другому етапі за допомогою мультиагентного моделювання імітується формування заявок і сервісне обслуговування техніки для уточненого розрахунку основних показників (якість обслуговування, витрати, час обслуговування). Запропонований підхід доцільно використати для обґрунтування регіональної мережі сервісного обслуговування складної техніки.

Ключові слова: поствиробниче обслуговування, регіональна мережа сервісного обслуговування, оптимізація сервісного обслуговування, мультиагентне моделювання.

POST-PRODUCTION LOGISTICS SERVICE COMPLICATED TECHNIQUES

К.О. Zapadnja

The topical problem of post-production (servicing) manufactured complex equipment network architecture choice and study was set and solved. The problem is solved in two stages. On the first stage using the integer linear programming structure of a regional service network is optimized. At the second stage using the multi-agent simulation of the ligament formation and the service equipment for the refined calculation of key indicators (quality of service, cost, time of service). The proposed approach should be used to support regional service network of complex equipment.

Keywords: post-production services, a regional service network, service optimization, multi-agent simulation.

Западня Ксения Олеговна – канд. техн. наук, научный сотрудник каф. информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

Литература

1. Федорович, О.Е. Логистические модели управления производством [Текст]: моногр. / О.Е. Федорович, О.Н. Замирец, А.В. Попов. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2010. – 218 с.

2. Греков, Л.Д. Проектирование распределенной транспортной системы на основе мультиагентной модели и метаэвристических методов оптимизации [Текст] / Л.Д.Греков // *Радіоелектронні комп'ютерні системи*. – 2008. – № 2(29). – С. 45-49.