

УДК 519.872

UDC 519.872

**УПРАВЛЕНИЕ РЕМОНТНЫМИ БРИГАДАМИ
ПРОСТРАНСТВЕННО РАСПРЕДЕЛЕННОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ¹****THE MANAGEMENT OF MAINTENANCE
CREWS OF A SPATIALLY DISTRIBUTED
COMPANY**Шумков Евгений Александрович
к.т.н.Shumkov Eugeny Alexandrovich
Cand.Tech.Sci.Видовский Леонид Адольфович
д.т.н., профессор
Кубанский Государственный Технологический
Университет, Краснодар, РоссияVidovsky Leonid Adolfovich
Dr.Sci.Tech., professor
Kuban State Technological University, Krasnodar,
RussiaВ статье рассмотрен подход к управлению
ремонтными бригадами с использованием
методологии ITIL и принципов обучения с
подкреплениемThe article describes an approach to managing
maintenance crews using ITIL methodology and
principles of reinforcement learningКлючевые слова: УПРАВЛЕНИЕ РЕМОНТНЫМИ
БРИГАДАМИ, ITIL, Q – ОБУЧЕНИЕ, ОБУЧЕНИЕ
С ПОДКРЕПЛЕНИЕМKeywords: MANAGING MAINTENANCE CREWS,
ITIL, Q-LEARNING, REINFORCEMENT
LEARNING

Управление ремонтными бригадами (различной направленности) является важной задачей. Можно также брать более широкое определение - «управление бесперебойной работой предприятия». Данная задача усложняется в случае географически распределенной структуры предприятия (наличии филиальной сети, дополнительных офисов, точек продаж / обслуживания и т. д.). Основная цель управления ремонтными работами и бригадами – это, безусловно, снижение финансовых издержек, так как простой в работе даже одной структурной единицы предприятия может повлечь серьезные финансовые убытки.

Классическое описание управления ремонтными работами с точки зрения СМО можно найти, например, в учебнике [2].

Для описания работы распределенного предприятия можно использовать следующие переменные:

- $\{ R_i \}$ - материальные ресурсы;
- $\{ H_i \}$ - людские ресурсы;

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ в рамках научно-исследовательского проекта РГНФ («Управление эффективностью пространственно распределённых промышленных предприятий с учётом фактора надёжности на примере нефтегазодобывающего комплекса»), проект № 14-02-00334а) В статье рассмотрен подход к управлению ремонтными бригадами с использованием методологии ITIL и принципов обучения с подкреплением.

- $\{ D_{ij} \}$ - расстояния между филиалами.

Географически распределенное предприятие обозначим, как $\{ \text{Филиал}_k \}$, где k - количество филиалов. И целесообразно ввести отделы филиалов, как $\{ \text{Отдел}_z^k \}$, где z - номер отдела в k - м филиале.

Пусть филиал может находиться в одном из следующих состояний: {работает; частично работает; не работает²}. Состояния можно вводить с процентами состояния.

Ремонтные работы можно разделить на следующие виды:

- профилактические по расписанию;
- профилактические по требованию;
- аварийные.

Пусть в общем случае ремонтная бригада состоит из n специальностей, при этом количество специалистов по каждой специальности может быть различно. Обозначим набор специалистов ремонтной бригады следующим образом $\{ SP_1^1; SP_2^1; \dots; SP_n^w \}$, где верхний индекс обозначает сервис (см. ниже), а нижний специализацию.

Задача следующая — найти необходимое минимальное количество ремонтных бригад (и сотрудников в них) для поддержания целевого уровня работы предприятия; найти минимально необходимый интервал проведения профилактических работ по расписанию; определить вероятность выхода филиалов из строя (частичного и полного). Данные показатели необходимо рассматривать, учитывая финансовые вложения, которые должны стремиться к минимуму.

В реальных условиях задача управления ремонтными бригадами существенно усложняется, если учитывать разнопрофильность ремонтных работ и ремонтных рабочих. Для примера, если взять информационную составляющую предприятия, то в общем случае могут потребоваться

² Состояния *частично не работает* и *не работает*, также включают в себя время ремонта.

следующие специалисты: системный администратор, администратор СУБД, программист СУБД, (системный) программист, техник.

Опираясь на успешный опыт использования ITIL (IT Infrastructure Library – библиотека инфраструктуры информационных технологий³), считаем возможным его распространение на другие структурные подразделения предприятий. ITIL включает в себя многие важные вопросы, например, анализ рисков, подготовка плана восстановления сервисов и технологических единиц, предоставление необходимых средств, планирование профилактических работ, тестирование текущей инфраструктуры, обучение специалистов для работы во внештатных ситуациях. Всего ITIL состоит из 7 книг (уровней) и по сути ITIL предназначен для решения задачи гарантии работоспособности предприятия [3]. Одним из наиболее важных уровней является "Управление непрерывностью процессов" ("Service continuity management"), а одной из задач данного уровня является прогнозирование инцидентов и проблем.

В управлении ИТ – подразделением также нередко используется SLA (Service Level Agreement – соглашение об уровне услуг) – соглашение об уровне предоставления услуг. Основная суть данной методологии в документированном соглашении об уровне предоставления услуг (сервисов), например, определенная услуга должны быть доступна в течении 8 рабочих часов 5 дней в неделю, или сервис, в случае поломки, должен быть восстановлен за определенное время. Принципы SLA можно также перенести на любой другой вид деятельности предприятия.

Целесообразность содержания выездной бригады, очевидно, следующая. С финансовой точки зрения выезд ремонтной бригады характеризуется следующими параметрами: стоимость проезда (здесь же и командировочные), стоимость перевоза оборудования, стоимость полного

³ <http://www.itil-officialsite.com/>

или частичного простоя структурного подразделения. Также необходимо учитывать временной параметр – длительность проезда (до филиала и обратно). Для некоторых компаний возможна ситуация, когда ремонтные бригады базируются не по месту нахождения штаб – квартиры. В ряде случаев целесообразно держать ремонтные бригады на каждом филиале.

Введем понятие *инцидента* – это сбой в работе оборудования. Инцидентом может быть перезагрузка сервера, поломка автомобиля, поломка фрезерного станка и т.д.⁴ Также введем понятие *сервиса*, под которым будем понимать, как определенный технологический процесс⁵, так и само оборудование.

Введем таблицу накапливающую информацию о инцидентах на предприятии (см. таблица 1). Данная таблица в общем случае может иметь большой размер.

Таблица – таблица информации об инцидентах

	$Отдел_1^1$	$Отдел_2^1$	...	$Отдел_1^k$
$Сервис_1$	\sum_{11}	...	...	...
$Сервис_2$	\sum_{21}	...	...	...
...
$Сервис_3$	\sum_{l1}	...	...	...

В ячейках таблицы накапливается сумма инцидентов по каждому сервису для каждого отдела. Некоторые сервисы могут не относиться к определенным отделам.

⁴ В методологии ИТIL выделяют инциденты и проблемы, но мы для простоты изложения объединим эти два понятия в одно – инцидент и под ним будем понимать любой сбой в работе предприятия.

⁵ Под сервисом можно также понимать и бизнес – процесс, например, «сдача данных о НДС в налоговую службу». Соответственно возможный инцидент с данным сервисом – «не предоставление данных о НДС в срок».

Также целесообразно учитывать вероятность совместных инцидентов на разных филиалах (или отделах) – таблица 2.

Таблица 2 – Совместные инциденты на филиалах

	Филиал 1	Филиал 2	...	Филиал К
Филиал 1	0	V_{12}	...	V_{1K}
Филиал 2	V_{21}	0	...	V_{2K}
...	...	...	0	...
Филиал К	V_{K1}	V_{K2}	...	0

Таким образом, задача управления ремонтными бригадами синтезируется из нескольких процессов:

- а) прогнозирование инцидентов;
- б) географическое распределение сотрудников ремонтных бригад;
- в) расчет рисков.

Рассмотрим задачу прогнозирования инцидентов. Прогнозирование может быть краткосрочным, среднесрочным и долгосрочным. Очевидно, что наиболее точный прогноз – краткосрочный (несколько дней, неделя). Но бюджетирование предприятия, в том числе и ремонтно – профилактических работ, обычно имеет горизонт месяц или квартал, а в стратегическом развитии предприятия – год. В случае небольшого предприятия можно обойтись использованием простой скользящей средней, прогнозное значение по которой рассчитывается как среднее за последние несколько временных интервалов. В случае крупного предприятия, когда количество инцидентов за неделю переваливает за тысячу случаев, желательно применять более сложные методы прогнозирования. Отметим, что необходимо прогнозировать инциденты с вечера пятницы (при пятидневной рабочей неделе), а затем в течение рабочей недели корректировать работу соответствующих служб. Важной рекомендацией также является хорошо спланированная профилактическая работа, что

снижает количество «внеплановых инцидентов».

Для корректировки механизма управления ремонтными бригадами можно использовать обучение с подкреплением [5, 7, 8]. Данный подход предложен в работе [1], к проблеме управления отделом информационных технологий. Можно расширить и обобщить предложенный подход практически для любого предприятия. Пусть S_j^i - состояние филиала, где верхний индекс номер филиала, а нижний индекс код состояния филиала. Для удобства будем использовать два значения кода состояния филиала: 1 – частично не работает; 2 – полностью не работает. Количество вариантов работоспособности филиала можно увеличить. Состояние филиала целесообразно вводить на основании таблицы 1. Также введем переменную *действие* - A_b . Под действием в общем случае будем понимать следующее – направить наборы специалистов на определенные филиалы (возможно только на один филиал). Здесь же включается расчет рисков на основании таблицы 2, то есть учитывается вероятность того, что данные специалисты могут потребоваться на других филиалах. Снижение рисков также возможно за счет использования прогноза инцидентов. Корректировку управления и поиск оптимальных решений можно вести с помощью других технологий [4].

В качестве подкрепления R_i можно понимать следующее – если ремонтные работы были выполнены в срок и не было инцидентов на других филиалах, то накопленное значение подкрепления пары $\{S_i; A_i\}$ инкрементируется на единицу, если работы не были выполнены в срок и были инциденты на других филиалах (не спрогнозированные⁶), значение пары $\{S_i; A_i\}$ уменьшается на единицу. Для более тщательной проработки ситуаций возможно введение промежуточных значений изменения

⁶ Если были спрогнозированные инциденты на других филиалах, то целесообразно резервировать ремонтных рабочих для своевременного разрешения инцидента.

подкрепления.

Из многообразия методов и технологий обучения с подкреплением для данной задачи выгодно выбрать Q – обучение, которое итерационно строит Q – функцию и тем самым находит оптимальную политику управления [5, 8]. Оценка Q-значений хранится в двухмерной таблице, столбцами и строками которой являются состояния и действия. Под Q – значением, в общем случае, можно понимать подкрепление. Таким образом, Q - таблицу для ремонтных бригад можно составить следующим образом (см. таблица 3).

Таблица 3 - Q – таблица для пар {состояние / действие}

S / A	A_1	A_2	A_3	...	A_n
S_1^1	R_{11}	R_{12}	R_{13}	...	R_{1n}
S_2^1	R_{21}	..	R_{23}	...	R_{2n}
S_1^2	..	..	..	..	...
...
S_2^m	R_{2m1}	R_{2m2}	R_{2m3}	...	R_{2mn}

Очевидно, что Таблица 3 может иметь очень большой размер. В таком случае для аппроксимации Q – таблицы обычно применяют нейронные сети, в частности стандартный многослойный персептрон с алгоритмом обратного распространения ошибки [5, 6, 7]. Задача нейронной сети в данном случае – аппроксимировать накопленное подкрепление.

Цель Q – таблицы в данном случае можно представить, как накопление данных об успешности / не успешности действий в определенных ситуациях. При этом, после прохождения этапа «исследования» необходимо выбирать то действие, которое для данной, конкретной ситуации имеет максимальное накопленное подкрепление.

В последнее десятилетие, в совершенно различных отраслях, стал популярен *аутсорсинг*, т. е. передача обслуживания техники (или

консультации) сторонним фирмам. Поэтому считаем необходимым при составлении отношений *сервис филиала – специалисты* учитывать также наличие сторонних специалистов (сервисных компаний) в местоположении филиала. Возможно, привлечение сторонних специалистов на местах будет гораздо дешевле выезда ремонтной бригады из штаб – квартиры или другого филиала.

Таким образом, в статье рассмотрен вопрос использования методологии ИТЛ для предприятий с пространственно распределенной структурой любой сферы деятельности. Применение методологии ИТЛ позволяет упорядочить работу ремонтных служб, прогнозировать инциденты и проблемы в работе предприятия, подготавливать предприятие к преодолению аварийных ситуаций с минимальными финансовыми и временными затратами и т.д. Использование принципов обучения с подкреплением, в частности Q-обучения, позволяет учитывать большое количество пар {состояние – действие}, накапливать историю работы и принимать оптимальные решения в случае аварийных ситуаций.

Литература:

1. Ботин В.А. Адаптивный критик с использованием фильтра Калмана. Дисс. канд. техн. наук. Краснодар: КубГТУ. 2011. 123 с.
2. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. - Учеб. Пособие для втузов. - 2-е изд., стер. - М.: Высш. шк., 2000. 383 с.
3. Ингланд Р. Овладевая ИТЛ. Пер. с англ. – М.: Лайвбук, 2011. – 200с.
4. Марков В.Н. Способ порождения эвристик для решения NP-трудных задач // Информационные технологии. 2006. №5. с. 21-25.
5. Нейросетевые топологии с подкреплением: монография / В.И. Ключко, Власенко А.В., Шумков Е.А. и др. Краснодар: Изд. ФГБОУ ВПО «КубГТУ». 2012. 154 с.
6. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. - М.: Горячая линия – Телеком, 2007. - 452 с.
7. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 1104 с.
8. Шумков Е. А. Система поддержки принятия решений предприятия на основе нейросетевых технологий: дис.... канд. техн. наук. - Краснодар, КубГТУ, 2004. -158 с.

References

1. Botin V.A. Adaptivnyj kritik s ispol'zovaniem fil'tra Kalmana. Diss. kand. tehn. nauk. Krasnodar: KubGTU. 2011. 123 s.
2. Ventcel' E.S., Ovcharov L.A. Teorija sluchajnyh processov i ee inzhenernye prilozhenija. - Ucheb. Posobie dlja vtuzov. - 2-e izd., ster. - M.: Vyssh. shk., 2000. 383 s.
3. Inglan R. Ovladevaja ITIL. Per. s angl. – M.: Lajvbuk, 2011. – 200s.
4. Markov V.N. Sposob porozhdenija jevristik dlja reshenija NP-trudnyh zadach // Informacionnye tehnologii. 2006. №5. s. 21-25.
5. Nejrosetevye topologii s podkrepleniem: monografija / V.I. Kljuchko, Vlasenko A.V., Shumkov E.A. i dr. Krasnodar: Izd. FGBOU VPO «KubGTU». 2012. 154 s.
6. Rutkovskaja D., Pilin'skij M., Rutkovskij L. Nejronnye seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy. - M.: Gorjachaja linija – Telekom, 2007. - 452 s.
7. Hajkin S. Nejronnye seti: polnyj kurs, 2-e izdanie.: Per. s angl. – M.: Izdatel'skij dom "Vil'jams", 2006. – 1104 s.
8. Shumkov E. A. Sistema podderzhki prinjatija reshenij predprijatija na osnove nejrosetevyh tehnologij: dis.... kand. tehn. nauk. - Krasnodar, KubGTU, 2004. -158 s.