

УДК 004.021

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ВОДИТЕЛЕЙ

¹Кривобоков В.А., ²Макунева А.А.¹ООО «ПАТиМ», Салават, e-mail: vitalyaleksandrovich102@gmail.com;²ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
Уфа, e-mail: adelina053@gmail.com

В данной работе предметом исследования является разработка и практическое использование программного модуля поддержки принятия решений при распределении заявок на автотранспорт среди водителей. Объектом исследования является задача равномерного распределения занятости работников автотранспортного предприятия (ООО «Предприятие автомобильного транспорта и механизмов»). В статье рассмотрен бизнес-процесс «Перевозка», в рамках которого выявляются ключевые точки, влияющие на экономическую эффективность. При рассмотрении процесса выделено 2 вида процессов. Подготовительные, которые осуществляются службами эксплуатации, принимающие заявки, составляющие оперативные планы перевозок с формированием первичной документации, а также проверяющие состав до выезда. Основные, которые осуществляются экспедиторскими службами, выполняющие разгрузку и погрузку товаров, их перевозку. Особое внимание уделяется построению процесса «Формирование путевых листов», в ходе которого происходит распределение затрачиваемых ресурсов предприятия. Представляется метод, основанный на модели нечеткого логического вывода. Описанный метод позволяет осуществить рациональное распределение ненормированных заданий на основе загруженности исполнителей, сотрудникам с нормированным графиком работ. Предложено использование программного модуля. Приведены результаты экспериментов по оценке адекватности разработанной модели, а также результаты ее практического использования.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, система электронного документооборота, экспертная система, распределение заданий, модель нечеткого логического вывода, автотранспортное предприятие, интеллектуальная система

USING MODEL OF FUZZY INFERENCE WHEN THE DISTRIBUTION OF DRIVERS

¹Krivobokov V.A., ²Makuneva A.A.¹ООО «PATiM», Salavat, e-mail: vitalyaleksandrovich102@gmail.com;²Federal State-Financed Educational Institution of Higher Education Ufa State Petroleum
Technological University, Ufa, e-mail: adelina053@gmail.com

In this paper, the subject of the study is the development and practical use of a software module to support decision-making in the distribution of applications for vehicles among drivers. The object of the study is the problem of uniform distribution of employment of employees of the motor transport enterprise (LLC «Enterprise of motor transport and mechanisms»). The article deals with the business process «Transportation», which identifies the key points that affect economic efficiency. During the examination process there are 2 kinds of processes. Preparatory, which are carried out by the operation services, accepting applications, making operational transportation plans with the formation of primary documentation, as well as checking the composition before departure. The main, which are carried out by forwarding services, performing unloading and loading of goods, their transportation. Particular attention is paid to the construction of the process Of «formation of waybills», during which there is a distribution of resources spent by the enterprise. A method based on the fuzzy inference model is presented. The described method allows for the rational distribution of irregular tasks based on the workload of performers, employees with a standardized schedule. It is proposed to use the software module. The results of experiments to assess the adequacy of the developed model, as well as the results of its practical use.

Keywords: decision support system, electronic document management system, expert system, task distribution, fuzzy inference model, autotransport enterprise, intelligent system

В настоящее время в различных сферах человеческой деятельности наблюдается тенденция перехода от работы с бумажными документами к электронному документообороту, под которым понимается движение электронных документов в организации и деятельность по обеспечению этого движения [1]. На автотранспортном предприятии это позволяет повысить оперативность выхода на рейс водителей, а также помогает осуществлять оперативный контроль ведения процесса. Это требует разработки новых технологий ведения бизнеса, повышения качества конечных результа-

тов деятельности предприятия [2, 3] и внедрения новых, более эффективных систем управления.

Для анализа деятельности автотранспортного предприятия ООО «Предприятие автомобильного транспорта и механизмов» (ООО «ПАТиМ») рассмотрим основной бизнес-процесс «Перевозка» (рисунок).

Как видно из диаграммы IDEF0 и её декомпозиции, процесс состоит из пяти этапов. Первые три этапа являются подготовительными, в ходе которых происходит распределение ресурсов для выезда на рейс, создается первичный документ учета перевозки

«Путевой лист», происходит подтверждение удовлетворительного состояния водителя и автотранспорта для отправки их в рейс. Два оставшихся процесса осуществляют непосредственное участие в транспортировке.

Значительную роль в сокращении затрат играет то, что перевозка осуществляется по тщательно продуманному плану в ходе процесса формирования путевого листа, составленному на предварительном этапе службами эксплуатации. Это поможет устранить проблемы, приводящие:

- к времени простоя продукции организации;
- снижению эффективности распределения парка автотранспорта;
- снижению доли равномерной занятости водителей.

Данный процесс включает в себя регистрацию заявки, рассмотрение, распределение автотранспорта по рейсам, прикрепление водителей к автотранспорту. Эти этапы сопровождаются занесением информации в первичный документ учета (путевой лист). На всех этапах происходит проверка корректности путевого листа.

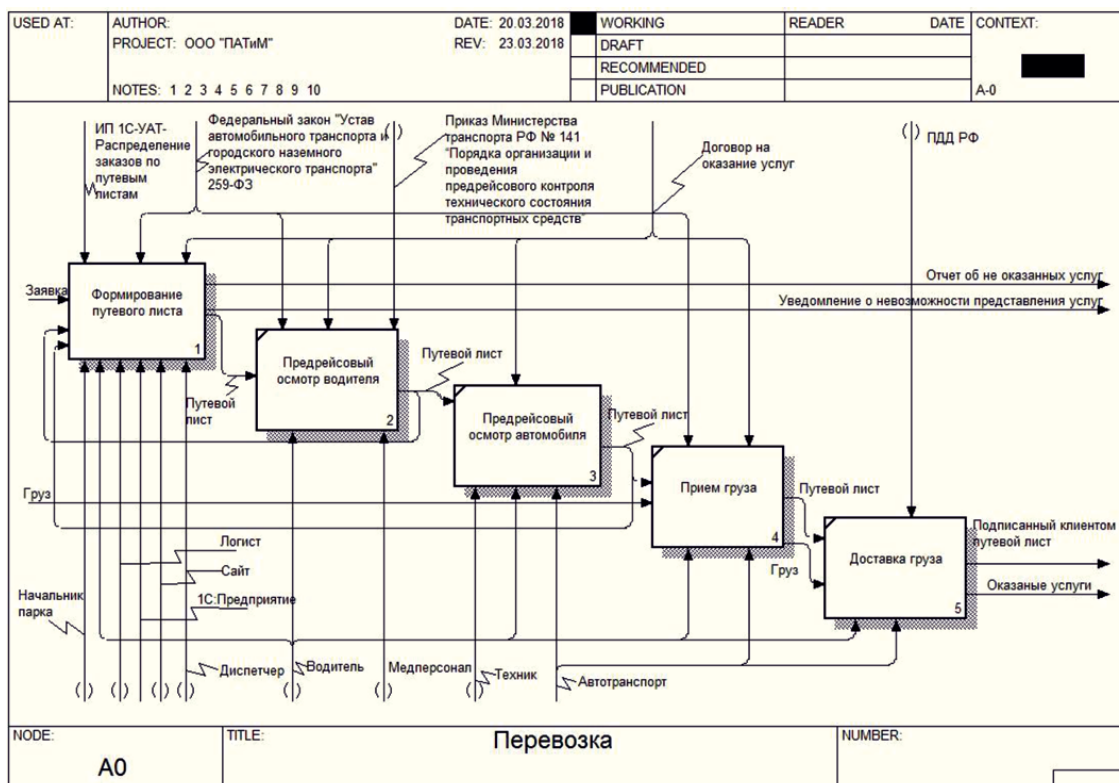
Особенность ведения бизнес-процесса «Перевозка» заключается в необходимости распределения водителей с нормированным

графиком работы заданиям с разным временем выполнения и оперативного заполнения графика заданий (до начала выполнения заявки), что является одной из проблем выбора сотрудников.

При этом у начальника парка, ответственного за ведение распределения водителей, возникает проблема оптимального распределения заданий водителям. На эту проблему влияют следующие факторы:

- неопределенность в количестве ежедневно поступающих заявлений;
- сложность обработки большого количества штата сотрудников по разным критериям распределения (категории водительских прав, графику работы, рейсы с двумя и более водителями);
- изменение графика заданий;
- необходимость выполнения срочных заявок (оперативный выезд специального транспорта).

Таким образом, целью исследования является повышение эффективности при использовании рабочих ресурсов предприятия; необходимо разработать программный модуль, позволяющий выбрать водителя с наиболее соответствующим графиком работы и наименьшим количеством сверхурочных часов.



Бизнес-процесс «Перевозка»

Предлагаемый модуль позволяет устранить несовершенство организации процессов поставки груза и управления ресурсами, следствием которых является невыполнение доставки «точно в срок», что может привести к сбою производства. С помощью данного модуля можно четко отслеживать такие показатели, как:

- среднее время с момента получения задания до выполнения работы;
- количество заданий, выполненных в срок;
- доля простоя транспортного средства;
- процент занятости рабочих [4].

Материалы и методы исследования

Приведем формальную постановку задачи распределения водителей. Дано множество заданий $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_m\}$ в количестве m , каждое задание характеризуется сложностью и приоритетом выполнения. Приоритет заявок приводится в договорах на долгосрочное оказание услуг, в котором описывается очередность рассмотрения заявок:

- «низкий» (P_1) – заявки с составлением договора в день выполнения;
- «средний» (P_2) – заявки по договорам;
- «высокий» (P_3) – срочные заявки по долгосрочным договорам.

На предприятии в результате долгой практики сформировалось разделение заданий на 3 уровня сложности, исходя из оказываемого вида услуги и характера поездки:

- «низкий» (S_1) – легковые пассажирские перевозки, перевозка малогабаритного груза;
- «средний» (S_2) – междугородные грузовые перевозки, городские перевозки спецавтотранспортом;
- «высокий» (S_3) – междугородные пассажирские перевозки, междугородные перевозки спецтранспортом.

При учете распределения начальник парка должен выполнять классификацию выбора сотрудника, исходя из количества сверхурочных часов и часов простоя:

- «не подходит» – когда у водителя возникало более 4 сверхурочных часов в результате подбора за 2 последних дня или более 120 часов за год [5].

$$x_{ij} = \begin{cases} \text{if } \wedge(k_{11} \text{ is } \tilde{A}_{11}, \dots, k_{12} \text{ is } \tilde{A}_{12}, k_{1n} \text{ is } \tilde{A}_{1n} \rightarrow y = B_1 \text{ and} \\ \text{if } \wedge(k_{21} \text{ is } \tilde{A}_{21}, \dots, k_{22} \text{ is } \tilde{A}_{22}, k_{2n} \text{ is } \tilde{A}_{2n} \rightarrow y = B_2 \text{ and} \\ \text{if } \wedge(k_{j1} \text{ is } \tilde{A}_{j1}, \dots, k_{j2} \text{ is } \tilde{A}_{j2}, k_{jn} \text{ is } \tilde{A}_{jn} \rightarrow y = B_j \end{cases} \quad (2)$$

Для поиска решения в сформированной системе правил вида (2) использовался минимаксный подход, при котором решением системы является нахождение минимума при конъюнкции или максимума при дизъюнкции (3).

$$x_{ij} = \min(B_1, B_2, \dots, B_j). \quad (3)$$

В результате выполнения нечетких логических правил получим табл. 2 соответствия водителя каждому заданию.

$D_{\max}$ водитель с наибольшим значением x_{ij} для текущего задания.

– «условно подходит» – когда возникают сверхурочные часы или часы простоя;

– «подходит» – когда при выборе водителя задание полностью соответствует графику.

Также имеется множество водителей $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$, количество которых может изменяться в течение дня (выход на срочный рейс). При подборе водителей лицо, ответственное за распределение, учитывает следующие критерии:

- C1 – текущее распределение заданий водителя;
- C2 – уровень квалификации водителя;
- C3 – категория прав водителя;
- C4 – количество сверхурочных за прошлый период.

Требуется решить задачу оптимального распределения задач водителям, при которой будут соблюдаться ряд факторов, например, соответствие категории прав водителя выданной заявки, подбор соответствующего водителя по сложности задания.

При которой ряд параметров приводит к явным условиям, а другие к неявным.

Для решения данного типа оптимизационных задач существует большое количество подходов [6]. В данной работе приводится пример использования модели нечеткого логического вывода.

Рассмотрим решение поставленной задачи на основе построения и использования модели нечеткого логического вывода [7]. В качестве модели представления знаний эксперта используем следующий вид нечетких логических правил:

$$\begin{aligned} &\text{«ЕСЛИ } x_1 \sim \tilde{A}_1 \text{ И } x_2 \sim \tilde{A}_2 \text{ И } \dots \text{ И } x_n \sim \tilde{A}_n \\ &= \text{ТО } y = B \text{» [CF],} \end{aligned} \quad (1)$$

где $x_i, i = 1, n$ – входные переменные, $\tilde{A}_i \sim$ – нечеткие градации входных переменных, y – выходная переменная, B – четкое значение выхода, $CF \in [0, 1]$ – достоверность правила.

В качестве входных параметров модели будем использовать следующие:

- k1 – уровень квалификации водителя;
- k2 – текущая загруженность водителя;
- k3 – количество сверхурочных за прошлый период;
- k4 – сложность задания.
- k5 – приоритет выполнения заявки.

Для составления значимости (веса) входных параметров производился опрос лиц, ответственных за распределение. Эти данные использовались для решения системы правил x_{ij} соответствия водителя заданию.

На последнем этапе происходит рассмотрение множества заданий Z , при котором на задания с наивысшим приоритетом наиболее подходящие водители выбираются в первую очередь. А далее происходит выбор из оставшихся водителей с наибольшим соответствием заданию.

Результаты исследования и их обсуждение

На основе рассмотренного метода был разработан программный модуль в системе электронного документооборота предприятия.

Таблица 1

Характеристики эталонных схем распределения заданий

№ п/п	Водитель	Задание			
		Q_1	Q_1	...	D_j
1	D_1	x_{11}	x_{11}	...	x_{1j}
2	D_2	x_{11}	x_{11}	...	x_{2j}
...	...	...	...	...	...
i	D_i	x_{i1}	x_{i1}	...	x_{ij}
Исполнитель задания		$Dmax_{Q1}$	$Dmax_{Q2}$	...	$Dmax_{Qj}$

Таблица 2

Результат использования программного модуля в тестовой базе

№ п/п	Режимы работы	До модерниза- ции, часов/месяц	После модерниза- ции, часов/месяц	Разница до и по- сле, часов/месяц
1	Среднее количество сверхурочных часов	785	530	255
2	Среднее количество часов простоя	300	45	255

Таблица 3

Результат фотографии рабочего дня начальника парка при распределении водителей

№ п/п	Основные этапы распределения	Среднее время решения задачи, мин	
		до модернизации	после модернизации
	Задания с высоким приоритетом	60	15
	Задания с средним приоритетом	150	40
	Задания с низким приоритетом	90	30
Итого:		300	85

Для оценки эффективности разработанной модели производилось повторное перераспределение 500 водителей в тестовой базе с данными за период с марта по май 2018 г. В табл. 2 приведены данные решения этой задачи до и после модернизации.

В результате экспериментальной оценки работы программного модуля было получено, что при использовании возможно было сократить сверхурочные часы на 32 % за счет часов простоя. И сократить часы простоя рабочих на 85 %. Сокращение сверхурочных часов происходило за счет часов простоя.

Кроме того, в результате проверки эффективности разработанного программного модуля производилась фотография рабочего дня трех начальников парка при распределении водителей по заданиям с разным приоритетом. В табл. 3 приведены данные решения этой задачи до и после модернизации.

В результате проведения фотографии рабочего дня трех лиц, ответственных за распределение, можно сделать вывод, что использование программного модуля позволяет уменьшить среднее время принятия решений 73 %.

Заключение

На основе анализа предметной области сформулирована задача автоматизации распределения водителей с учетом графиков сверхурочных часов и графика работ водителей. Для решения разработано математическое и программное обеспечение, основанное на модели нечеткого логического вывода, а также программный модуль, предназначенный для поддержки принятия решения при распределении водителей. В результате экспериментальной оценки работы программного обеспечения ответственными лицами была подтверждена эффективность использования модуля для решения задачи сокращения сверхурочных часов, приходящихся на неравномерное распределение занятости водителей.

Список литературы

1. Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 октября 2013 г. № 1185-ст «Об утверждении национального стандарта»: ГОСТ Р 7.0.8-2013 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Делопроектирование и архивное дело. Термины и определения», 1 марта 2014 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://base.garant.ru/70574914/#ixzz5XEN1z8ns> (дата обращения: 18.11.2018).

2. Мухаметшин И.Н., Закирзянов Н.Х., Гимадеев Н.Н., Шайхутдинов Л.М., Козлов С.Г., Шарафиев Р.Г., Нишкишин Б.В., Филиппов В.Н. Автоматизированная система управления группой предприятий (ПИЛЮТ) // Свидетельство № 2012611665 РФ о государственной регистрации программы для ЭВМ. ОБПБТ. 2012. № 2 (79). С. 404.

3. Карасёва А.В., Филиппов В.Н., Ахмадуллина М.Р. Информационная система поддержки деятельности транспортных объединений // Свидетельство № 2011614017 РФ о государственной регистрации программы для ЭВМ. ОБПБТ. 2011. № 3 (76). С. 319.

4. Лунева Н.Н., Левина Т.М., Кривобоков В.А. Интеграция информационных систем управления предприятием для формирования сопроводительной документации бизнес-процесса «Отгрузка продукции» // Наука. Технология. Производство – 2017. Экология и ресурсосбережение нефте-

химии и нефтепереработки, посвящ. 40-летию кафедры химико-технологических процессов филиала УГНТУ в г. Салавате, 2017. С. 291–293.

5. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 28.12.2013) // Российская газета. 31 декабря 2001.

6. Емалетдинова Л.Ю., Кайнов А.С. Дискретная нейросетевая модель оптимизации распределения заданий по нескольким компьютерам // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2007. № 1 (46). С. 80–83.

7. Катасёв А.С. Математическое обеспечение и программный комплекс формирования нечетко-производственных баз знаний для экспертных диагностических систем // Фундаментальные исследования. 2013. № 10–9. С. 1922–1927.