

УДК 004.021

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЗАЯВОК ВОДИТЕЛЕЙ

¹Кривобоков В.А., ²Филиппов В.Н.

¹ООО «ПАТiМ», Салават, e-mail: vitalyaleksandrovich102@gmail.com;

²ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
Уфа, e-mail: vtik-ufa@mail.ru

В статье рассматриваются способы повышения эффективности использования экспертной системы при распределении водителей по активным заявкам. Рассматривается деятельность автотранспортного предприятия (ООО «Предприятие автомобильного транспорта и механизмов»), главный бизнес-процесс «Перевозка» и использование информационных средств для увеличения экономической эффективности предприятия. При этом, производя декомпозицию процесса, выделяется два вида процессов: подготовительные и экспедиторские. В ходе подготовительных процессов, осуществляемых коммерческими и эксплуатационными службами, происходит составление плана перевозок, который отражается в первичной документации, происходит распределение ресурсов на выполнение комплектации рейса. В ходе экспедиторских процессов, осуществляемых соответствующими службами, выполняется прием, перевозка товара, пассажиров. Обосновывается применимость использования системы принятия решения на подготовительных этапах. Предлагается использовать методы многокритериального принятия решений и описывается их использование в предметной области при использовании экспертной системы. Производится сравнение итогов методов интерпретации, которые будут использоваться в системе принятия решения. В результате предложено использование программного модуля, в базе которого будет использоваться комбинация моделей, основной модели ELECTRE и минимаксной свертки, так как результаты ее использования наиболее оптимальные по логике экспертов.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, экспертная система, распределение заданий, многокритериальные методы, автотранспортное предприятие

COMPARISON OF METHODS OF MULTI-CRITERIAL DECISION-MAKING IN THE DISTRIBUTION OF APPLICATIONS OF DRIVERS

¹Krivobokov V.A., ²Filippov V.N.

¹ООО «PATiM», Salavat, e-mail: vitalyaleksandrovich102@gmail.com;

²Federal State-Financed Educational Institution of Higher Education Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, e-mail: vtik-ufa@mail.ru

The article discusses ways to increase the efficiency of using an expert system in the distribution of drivers for active applications. We consider the activities of the auto-transport enterprise (LLC «Enterprise of automobile transport and mechanisms»), the main business process «Transportation» and the use of information tools to increase the economic efficiency of the enterprise. At the same time, by decomposing the process, two types of processes are distinguished: preparatory and forwarding. During the preparatory processes carried out by commercial and operational services, a transportation plan is drawn up, which is reflected in the primary documentation, and resources are allocated for completing the flight. During the forwarding processes carried out by the relevant services, the reception, transportation of goods, passengers is carried out. The applicability of the decision-making system at the preparatory stages is substantiated. It is proposed to use multicriteria decision-making methods and their use in the subject area when using an expert system is described. A comparison is made of the results of interpretation methods that will be used in the decision-making system. As a result, the use of a software module is proposed, in the base of which a combination of models based on the ELECTRE model and minimax convolution will be used, because the results of its use are most optimal from the logic of experts.

Keywords: decision support system, expert system, task distribution, motor company, multi-criteria decision making methods

В настоящее время глобальная информатизация стимулировала разработку в различных предметных областях человеческой деятельности автоматизированных диагностических систем. Обычно это интеллектуальные системы, которые используют знания специалистов (экспертов) о некоторой конкретной узкоспециализированной предметной области, и в пределах этой области способна принимать решения на уровне эксперта – экспертные системы (ЭС). Основным элементом ЭС является база зна-

ний, основанная на множестве определенных правил, описывающих закономерности предметной области. Одной из задач, для которых принимает ЭС, является принятие решений по определенным критериям, используемым для выбора той или иной альтернативы из множества возможных.

На автотранспортном предприятии существует проблема распределения водителей. Она заключается в неравномерной загрузке. Образуются сверхурочные часы и часы простоя, из-за сложности распреде-

ления большого количества заданий. Для решения этой проблемы можно использовать экспертную систему. Использование данной системы позволит повысить качество принимаемых решений, а также помогает осуществлять оперативный контроль ведения процесса. Это требует разработки новых технологий ведения бизнеса, повышения качества конечных результатов деятельности предприятия [1] и внедрения новых, более эффективных систем управления.

В ходе рассмотрения предметной области работы были выявлены следующие процессы (рисунок), а также ключевые точки повышения эффективности.

На диаграмме представленный процесс состоит из пяти подпроцессов. Первые этапы – подготовительные. На этих этапах осуществляется распределение ресурсов и создается первичный документ учета, в котором хранится информация об состоянии автотранспорта и груза. Далее происходит проверка состояний. В ходе последних этапов происходит непосредственно перевозка и разгрузка.

Важную роль в сокращении затрат играет правильно продуманный план в ходе подготовительных процессов. В ином случае возможны такие проблемы, как:

– увеличение часов простоя и сверхурочных, вследствие неравномерного распределения, у одного человека будут ор-

ганизовываться часы простоя, а у другого сверхурочные часы;

– простоя продукции организации, вследствие неправильного выбора приоритета важности;

– снижение эффективности использования парка автотранспорта, вследствие отсутствия плана распределения [2, с. 85].

Особенность ведения подготовительных процессов основного бизнес-процесса «Перевозка» состоит в оптимальном распределении ресурсов предприятия (загруженность рабочих) при динамически меняющихся условиях:

– разные графики выхода в рейд (вечерние, утренние);

– длительность задачи;

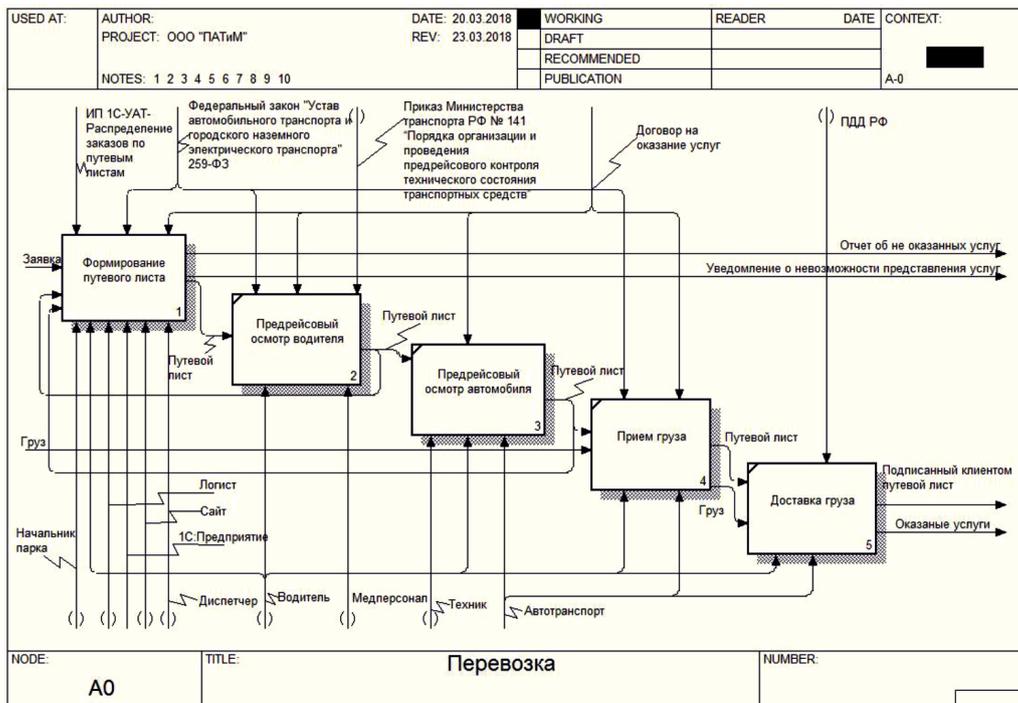
– требуемый автотранспорт;

– важность выполнения задач. Зависит от условий составления договора.

Для решения этих проблем предлагается внедрить модуль поддержки принятия решений при распределении сотрудников. Назначением системы будет решение проблем неравномерного распределения, несовершенство организации процессов поставки груза.

В ходе выполнения разработки экспертной системы были получены такие критерии, как:

– очередность рассмотрения заявок, содержащая 3 уровня: «низкий», «средний», «высокий»;



Процессы и ключевые точки повышения эффективности

– сложности, исходя из оказываемого вида услуги и характера поездки: «низкий», «средний», «высокий». На этот критерий влияют показатели рейса, а именно, перевозимый груз, вид автотранспорта и т.д.;

– соответствие графика работы водителя заданию также содержит 3 уровня: «не подходит», «условно подходит», «подходит» [2, с. 86]. На этот критерий влияет текущий уровень загруженности водителя, например, по трудовому кодексу нельзя, чтобы возникало более 4 сверхурочных часов в результате подбора за 2 последних дня или более 120 часов за год [3].

В основе программного модуля предлагается использовать методы многокритериального принятия решений.

Требуется решить задачу «эффективного» распределения задач водителями по критериям, при котором по результатам экспертной системы будет максимально точно соблюдаться ряд факторов. В данной работе предлагается рассмотреть методы интерпретации решения экспертной системы: метод Парето, метод минимаксной свертки, метод ELECTRE.

Метод минимаксной свертки

В методе минимаксной свертки представляется алгоритм, позволяющий свести множество критериев эффективности альтернативы в один глобальный критерий эффективности, что для данного множества будет соответствовать наименьшему значению критериев.

В качестве входных параметров модели будем использовать критерии выбора водителя: текущее распределение заданий водителя, уровень квалификации, категория прав, количество сверхурочных за прошлый период.

Для составления значимости (веса) входных параметров производился опрос лиц, ответственных за распределение. И входные параметры будут преобразовываться в вес, соответствующего критерия, используем следующий вид нечетких логических правил [4, с. 1923]. После преобразования входных параметров в оценку альтернативы по заданному критерию, они будут использоваться для решения системы правил x_{ij} соответствия водителя заданию.

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

где k_{jn} – входные параметры, \tilde{A}_{jn} – значение входной переменной, y – выходная переменная, B_j – точное значение выходной переменной.

Для поиска решения сформированной системы правил вида (2) использовался минимаксный подход, при котором данную систему уравнений можно преобразовать как

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

Метод линейной свертки

Метод линейной свертки подразумевает использование экспертных оценок весов критерия и формирование веса оценок, сведения множества критериев альтернативы к одному, основанной на использовании так называемой линейной свертки [5, с. 73], которая имеет вид

$$x_{ij} = \sum w_k R_{ik}, \quad (4)$$

где w_k – вес k -го критерия, R_{ik} – оценка i -й альтернативы по k -му критерию.

В результате выполнения свертки правил получим таблицу оценок каждого сотрудника для соответствующего задания.

Таблица 1

Характеристики эталонных схем распределения заданий

№ п/п	Водитель	Задание			
		Q ₁	Q ₁	...	Q _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}

Dmax_i водитель с наибольшим значением x_{ij} для текущего задания.

На последнем этапе происходит последовательное рассмотрение множество заданий, которые упорядочены по важности. А далее происходит выбор сотрудников среди всех альтернатив, путем выбора по наибольшему значению веса.

Метод ELECTRE

Целью метода является отсеивание перспективных альтернатив и выделение некоторого подмножества недоминирующих друг относительно друга альтернатив [6, с. 42]. Строится бинарные отношения, по которым можно выделить интересующие альтернативы из исходной совокупности. В этом методе не определяется коэффициент каждой альтернативы. При этом можно перейти к числовым показателям превосходства одного водителя над другим, и учитывая отставания по другим критериям.

1. Назначение весов. После получения экспертных оценок методом рангов полученных от лиц были установлены следующие показатели (табл. 1).

2. Строятся индексы согласия ($C_{jk} \in [0, 1]$). Для определения, что альтернатива j лучше альтернативы k [7, с 41]. По формуле

$$C_{jk} = \frac{\sum_{i \in I_{jk}^+} W_i + 0,5 \sum_{i \in I_{jk}^0} W_i}{\sum_{i=1}^m W_i}, \quad (5)$$

где I_{jk}^+ – это показатели, где альтернатива j превосходит k ;

I_{jk}^0 – это показатели, где альтернатива j равна k ;

W_i – вес показателя по i -му критерию.

3. Строятся индексы несогласия ($D_{jk} \in [0, 1]$). Для определения, что превосходства k -й альтернативы над j -й по i -му критерию. По формуле

$$d_{jk} = \max_{i \in I^-} \frac{I_{A_j}^i - I_{A_i}^i}{L_i}, \quad (6)$$

где $I_{A_j}^i$ и $I_{A_i}^i$ – оценки альтернатив A_j и A_i по i -му критерию;

L_i – длина шкалы i -го критерия.

4. Построение решающего правила. На основе граничных значений $p \in (0, 1]$ и $q \in [0, 1)$ строится следующее бинарное отношение: j -я альтернатива признается лучше альтернативы k , при условии того, что $C_{jk} \geq p$ и $d_{jk} \leq q$.

Сравнение методов

На основе рассмотренных методов принято решение разработать программный модуль, моделировать процесс оптимального распределения водителей по заданиям на автотранспортном предприятии.

Для оценки эффективности разработанных алгоритмов использовалась копия информационной системы предприятия, в рамках которой повторно перераспределялись сотрудники, в период с марта по май 2018 г. в рамках ООО «Предприятие автомобильного транспорта и механизмов» (табл. 2).

При рассмотрении таблицы видно, что при минимаксной свертке были получены наименьшие значения количества часов простоев и сверхурочных. При частном рассмотрении полученных данных были получены следующие распределения, линейной свертки. Для задания с длительностью 3 часа был предложен водитель, который полностью подходил под задание за исключением того, что его рабочий день был полностью занят, совокупная оценка других альтернатив была хуже. Свертка, основанная на правиле: «низкая оценка одного критерия может быть компенсирована высокой оценкой по другому», в чистом виде не подошла. Для этого было добавлено верхнее ограничение по сверхурочным часам, что является частным случаем минимаксной свертки.

Таблица 2

Значения показателей

	Показатель	Значение	Вес показателя
1	Количество сверхурочных часов по данной работе, включая предыдущий день	0 часов 0–2 часа >2 часа	0,32
2	Квалификация водителя	<1 года 2–5 лет > 6 лет	0,22
3	Количество сверхурочных часов по данной работе, включая предыдущий день	0 часов 1–120 часов >120 часов	0,30
4	Текущая загруженность водителя	Нет заданий Время выполнения заданий ≤ 70% Время выполнения заданий > 70%	0,16

Таблица 2

Результат использования программного модуля в тестовой базе

№ п/п	Режимы работы	До модернизации, часов/месяц	Метод минимаксной свертки, часов/месяц	Метод линейной свертки, часов/месяц	Метод ELECTRE, часов/месяц
1	Среднее количество сверхурочных часов	785	530	735	585
2	Среднее количество часов простоя	300	45	250	100

При использовании ELECTRE тоже наблюдалась такая проблема, но количество этих проблем компенсировалось индексом несогласия.

При рассмотрении минимаксной свертки был выявлен сотрудник, у которого сверхурочные часы за прошлые 6 месяцев равнялись 110 ($B_1 = 0,083$). В заданиях, где экспертом явно был бы выбран этот сотрудник, система предлагала альтернативу со свернутым значением критериев, т.е. у которого значение минимального критерия было выше. Однако по логике экспертов было оптимальным выбрать сотрудника с $B_1 = 0,083$ на задания, так как другие критерии сотрудника были более предпочтительными (текущая загруженность, квалификация) по сравнению с другими водителями.

Заключение

Результаты методов интерпретации экспертных знаний, описанных в работе, имеют ряд недостатков. Для устранения этих недостатков были предложены комбинации этих методов.

Таким образом, для решения задачи оптимального распределения водителей по заданиям предлагает использовать комбинацию метода ELECTRE с минимаксной сверткой, а в частных случаях минимаксную свертку. Метод ELECTRE позволяет устранить ошибки в пограничных оценках,

и он описывает их оценки более полно, чем линейная свертка. Метод минимаксной свертки позволяет исключить из подбора водителей со свернутым значением $x_{ij} = 0$ и позволяет получить информацию по минимальному критерию.

Список литературы

1. Каданцев М.Н., Филиппов В.Н., Хабибуллин Т.Р. Информационные технологии в преподавании курса «Информационные системы» в УГНТУ // Информационные технологии. Проблемы и решения. 2016. № 1 (3). С. 109–115.
2. Кривобоков В.А., Макунева А.А. Использование модели нечеткого логического вывода при распределении водителей // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 12–1. С. 84–88.
3. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 28.12.2013) // Российская газета. 31 декабря 2001. [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2001/12/31/trud-dok.html> (дата обращения: 01.11.2019).
4. Катасёв А.С. Математическое обеспечение и программный комплекс формирования нечетко-продукционных баз знаний для экспертных диагностических систем // Фундаментальные исследования. 2013. № 10–9. С. 1922–1927.
5. Ногин В.Д. Линейная свертка критериев в многокритериальной оптимизации // Искусственный интеллект и принятие решений. 2014. № 4. С. 73–82.
6. Гавриловская С.П., Рудычев А.А., Никитина Е.А. Подход к анализу конкурентоспособности предприятия с использованием метода ELECTRE // Актуальные проблемы экономического развития 2016. С. 41–46.
7. Кузнецов М.А., Нгуен Т.У.Н. Использование методов ELECTRE в задачах принятия решения // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2010. № 2 (10). С. 40–46.