

Обработка информации в складных организационных системах

УДК 004.896

О.И. Пронина

Государственное высшее учебное заведение «Приазовский государственный технический университет», Мариуполь

ФОРМАЛИЗОВАННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ГОРОДСКОЙ ПОЕЗДКИ НА ОСНОВЕ ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ

В статье представлена модель индивидуальной городской поездки (такси) с учетом всех ключевых параметров, ее сравнение с прототипом оптимальной поездки. Для параметров поездки определены лингвистические переменные, множества их значений, функции принадлежности. Введена параметрическая запись прототипа оптимальной поездки и установлена мера сравнения – расстояние Хэмминга.

Представлены результаты экспериментов сравнения текущей индивидуальной городской поездки с прототипом оптимальной. Проведен анализ результатов экспериментов с оценкой экспертов.

Ключевые слова: модель индивидуальной городской поездки, функции принадлежности, оптимальная поездка, обобщенное относительное расстояние Хэмминга, прототип.

Введение

Для современного общества характерен стремительный переход пользователей на мобильные устройства. Все больше стационарные компьютеры уходят на второй план [1]. Быстрый и доступный Интернет, GPS позиционирование и мобильные приложения востребованы в различных сферах человеческой жизни. Особенно актуальны эти технологии для транспортных систем и организации перевозок, в том числе частных пассажирских (такси). На сегодняшний день уже имеется ряд предложений в этой сфере [2]. Для совершения поездки клиентом создается заказ. Далее диспетчер или сам пользователь видит список доступных автомобилей, с учетом радиуса ограничения видимости или различных дополнительных параметров. Выбор диспетчера обусловлен политикой компании или собственными предпочтениями. А пользователь часто, не вдаваясь в подробности каждой предлагаемой поездки, выбирает первый из списка предложенных автомобилей, чтобы сократить время выбора. Или наоборот, увеличивает время выбора из-за просмотра всего списка машин, ориентируясь на один ключевой параметр. Таким образом, выбор осуществляется субъективно и не всегда оптимально. Поэтому актуально рассмотрение советующей системы, которая позволит автоматизировать процесс выбора оптимального варианта на основе всех существующих параметров.

Целью данной работы является построение модели индивидуальной городской поездки (такси), ее

сравнение с прототипом оптимальной поездки, т.е. поездки, которая будет сочетать в себе класс автомобиля «комфорт», минимальную стоимость подачи автомобиля, низкую стоимость поездки, близкое расположение водителя относительно клиента, высокий рейтинг водителя.

Поскольку область оценки параметров субъективна, решено использовать аппарат нечеткой логики.

Анализ последних исследований и публикаций

На сегодняшний день существует много работ, посвященных транспортным системам и их проблемам. Ряд проблем решает аппарат нечеткой логики, например, решение проблемы с назначением трафика, формирование пропускной способности пассажира для каждого маршрута движения [3].

Исследованы перспективы минимизации неопределенности в экспертных выводах во время решения типовых задач автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий при торможении [4].

На основании нечеткого логического вывода предложена модель оценки рисков проектов/программ/портфелей по перевозке грузов [5]. Применение данной модели позволяет использовать качественные показатели и улучшить результаты вывода. За счет чего выявлен нелинейный характер зависимости между входными переменными и конечной оценкой рисков.

В работе [6] рассматриваются математическая формализация проблемы маршрутизации танкеро-автозаправочных станций при неопределенной информации о требованиях обслуживаемых судов. Рассматриваются несколько подходов к синтезу алгоритмов принятия решений и математических моделей на основе интерактивного подхода. Основное внимание уделяется применению нечетких множеств и нечеткой логики для моделирования неопределенных порядков обслуживаемых судов и оптимизации топлива в условиях неопределенности.

В работе [7] разработаны основные элементы для построения системы исследования надежности грузовых вагонов, включающих базы данных и знаний. При этом предложена структурная схема системы исследования надежности грузовых вагонов и описан алгоритм получения знаний из статистических данных по отказам вагонов.

На основе принципов тянущих логистических систем разработана схема управления производственно-транспортной системой машиностроительного предприятия [8]. Для принятия решения об оптимальном объеме производственной и транспортной работы применен аппарат теории нечетких множеств.

В моделях распределения пассажирских перевозок применение нечеткой логики и генетических алгоритмов обеспечивает точные результаты расчетов в определении транспортного спроса [9].

Что касается организации частных пассажирских перевозок, все способы вызова такси можно отнести к трем моделям организации взаимодействия поставщика и потребителя услуг [10–13]. Так в первой модели [10] предлагается для связи водителей и клиента использовать посредника – диспетчера, для создания заказа клиенту необходимо совершить звонок в диспетчерскую службу. Вторая модель [11–12] похожа на предыдущую, но для связи клиенту предоставляется мобильное приложение. В третьей модели [13] полностью исключена диспетчерская, а создание, распределение и все операции с подтверждением заказа проводятся в информационной системе.

Анализ моделей [14] показал, что наиболее эффективный вариант взаимодействия – это модель вызова такси «без диспетчера», когда взаимодействие водителя и клиента идет напрямую, без посредника. В этом случае сам клиент выбирает себе автомобиль согласно своим желаниям и предпочтениям, но и здесь возникают сложности [13]. Чаще всего клиент выбирает себе автомобиль, который стоит первым в предложенном списке, не рассматривая другие автомобили. Или клиент ориентируется только на один параметр, например, «цена поездки», игнорируя параметр «расположение водителя относительно клиента». Выбрав такую поездку, пользователь может долго ждать машину и дополнительно заплатить за подачу автомобиля, в случае если расстояние до клиента

превышало минимальное. Или же пользователь может не обратить внимание на параметр «класс автомобиля» и его состояние, что сказывается на цене поездки и общем впечатлении от поездки. Выбирая только один ключевой параметр, практически невозможно выбрать оптимальную поездку.

Поэтому построение модели выбора индивидуальной городской поездки и ее сравнение с прототипом оптимальной поездки является достаточно актуально задачей.

Модель выбора индивидуальной городской поездки

Выбор оптимальной индивидуальной городской поездки состоит из двух этапов (рис. 1). На первом этапе на основе входящих лингвистических переменных: состояние автомобиля, год выпуска и категория автомобиля (марка и ее распределение по категориям автомобилей) с помощью нечеткого вывода формируется выходная лингвистическая переменная «класс автомобиля» [15], которая в модели выбора поездки является входящей переменной.

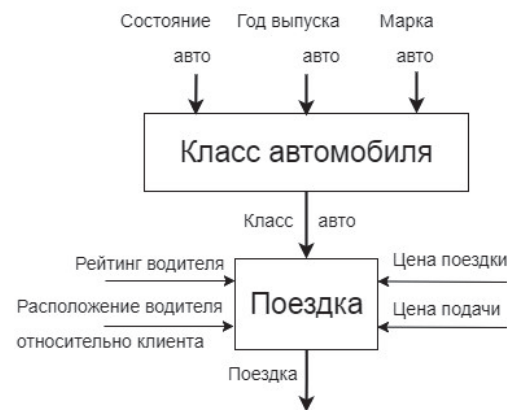


Рис. 1. Представление процесса выбора индивидуальной городской поездки

Для описания модели индивидуальной городской поездки (такси) используется множество поездки $\{P\}$, представленное в виде (1).

$$P = \{(p_1, \Omega_1^j), (p_2, \Omega_2^j), (p_3, \Omega_3^j), (p_4, \Omega_4^j), (p_5, \Omega_5^j)\}, \quad (1)$$

где $A = \{p_k\}$ – множество признаков, $k \in [1; 5]$; k – индекс признака; $\Omega_i^j = \{\omega_i^j | \mu(\omega_i^j)\}$ – множество значений признака p_k , представляющих собой наименования нечетких переменных; значения индексов $j \in [1; 4]$ обозначают множество значений признака.

Множество A включает следующие признаки $\{p_i\}_{i=1}^5$: p_1 – класс автомобиля, p_2 – расположение водителя относительно клиента, p_3 – цена поездки, p_4 – цена подачи автомобиля, p_5 – рейтинг водите-

ля. Признаки являются входными переменными для разрабатываемой модели, для их описания было решено использовать лингвистические переменные. Поскольку при описании входных параметров поездки они являются более информативными для пользователей [16–17].

Лингвистическая переменная характеризуется набором $\langle \beta, T, X, G, M \rangle$, где β – наименование лингвистической переменной; T – множество ее значений (терм-множество); G – синтаксическая процедура, позволяющая оперировать элементами терм-множества T . Множество $T \cup G(T)$, где $G(T)$ – множество сгенерированных термов, называется расширенным терм-множеством лингвистической переменной; M – семантическая процедура, позволяющая превратить каждое новое значение лингвистической переменной, образуемое процедурой G , в нечеткую переменную [16–17].

Анализ позволил выявить как наименования термов, так и их количество для каждой лингвистической переменной. Так как все термы могут быть измерены в некоторой количественной шкале, то для построения функций принадлежности использовались прямые методы. В ходе анализа видов функций принадлежности термов [16] эмпирическим путем были выбраны: сигмоидная, обобщенный колокол и треугольная функции принадлежности [16].

Таким образом, признаки $\{p_i\}_{i=1}^5$ описываются, соответственно, лингвистическими переменными:

– β_1 определяется кортежем $\langle \beta_1, T(\beta_1), X \rangle$, где $\beta_1 =$ «класс автомобиля», $T(\beta_1) = \{EK, KK, BK\}$, $X = [0, 300]$. Наименования и параметры термов представлены в табл. 1. Лингвистическая переменная β_1

является входной переменной в процессе определения поездки [15]. В свою очередь, на первом этапе выбора класса автомобиля она была выходной переменной;

– β_2 определяется кортежем $\langle \beta_2, T(\beta_2), X \rangle$, где $\beta_2 =$ «расположение водителя относительно клиента», $T(\beta_2) = \{BS, SS, DS\}$, $X = [0, 300]$. Наименование и параметры термов представлены в табл. 2;

– β_3 определяется кортежем $\langle \beta_3, T(\beta_3), X \rangle$, где $\beta_3 =$ «цена поездки», $T(\beta_3) = \{NC, SC, VC\}$, $X = [0, 300]$. Наименование и параметры термов представлены в табл. 3;

– β_4 определяется кортежем $\langle \beta_4, T(\beta_4), X \rangle$, где $\beta_4 =$ «цена подачи автомобиля», $T(\beta_4) = \{NP, SP, VP\}$, $X = [0, 300]$. Наименование и параметры термов представлены в табл. 4;

– β_5 определяется кортежем $\langle \beta_5, T(\beta_5), X \rangle$, где $\beta_5 =$ «рейтинг водителя», $T(\beta_5) = \{NR, SR, HR, OR\}$, $X = [0, 300]$. Наименование и параметры термов представлены в табл. 5.

Цена подачи автомобиля включена в тариф категории «до 3 км», в которую включается расстояние, которое водитель едет к пользователю (2). Если расстояние до клиента больше 3 км, то после третьего километра цена считается по категории «последующий километр» относительно того класса авто, к которому принадлежит данный автомобиль.

$$C_{\text{podach}} = C_1(S_1 - 3), \quad (2)$$

где C_1 – цена за последующий километр; S_1 – расстояние до клиента; 3 км – начальное расстояние, заложенное в каждый тарифный план, отдельно клиентом не оплачивается.

Таблица 1

Параметры термов лингвистической переменной «класс автомобиля»

Имя терма	Значение терма	Имя функции	Вид функции	Параметры			Диапазон универсума $X = [X_1, X_2]$	
				a	b	c	X_1	X_2
$\Omega_1^1 = EK$	«эконом»	$\mu_{EK}(x; a, b, c)$	треугольная	-1,2	0	1,2	0	1
$\Omega_1^2 = KK$	«комфорт»	$\mu_{KK}(x; a, b, c)$	треугольная	0,75	1,5	2,25	1	2
$\Omega_1^3 = BK$	«бизнес»	$\mu_{BK}(x; a, b, c)$	треугольная	1,8	3	4,2	2	3

Таблица 2

Параметры термов лингвистической переменной «расположение водителя относительно клиента»

Имя терма	Значение терма	Имя функции	Вид функции	Параметры			Диапазон универсума $X = [X_1, X_2]$	
				a	b	c	X_1	X_2
$\Omega_2^1 = BS$	«близкое»	$\mu_{BS}(x; a, c)$	сигмоидная	4	-	1,75	0,5	3
$\Omega_2^2 = SS$	«среднее»	$\mu_{SS}(x; a, b, c)$	обобщенный колокол	0,75	2	4	3	5
$\Omega_2^3 = DS$	«далекое»	$\mu_{DS}(x; a, c)$	сигмоидная	-3,5	-	6	5	7

Таблица 3

Параметры термов лингвистической переменной «цена поездки»

Имя терма	Значение терма	Имя функции	Вид функции	Параметры			Диапазон универсума $X = [X_1, X_2]$	
				a	b	c	X_1	X_2
$\Omega_3^1 = NC$	«низкая»	$\mu_{NC}(x; a, c)$	сигмоидная	0,25	-	60	50	70
$\Omega_3^2 = SC$	«средняя»	$\mu_{SC}(x; a, b, c)$	обобщенный колокол	12	2	90	70	110
$\Omega_3^3 = VC$	«высокая»	$\mu_{VC}(x; a, c)$	сигмоидная	-0,5	-	115	110	200

Таблица 4

Параметры термов лингвистической переменной «цена подачи автомобиля»

Имя терма	Значение терма	Имя функции	Вид функции	Параметры			Диапазон универсума $X = [X_1, X_2]$	
				a	b	c	X_1	X_2
$\Omega_4^1 = NP$	«низкая»	$\mu_{NP}(x; a, c)$	сигмоидная	2	-	4	0	7,5
$\Omega_4^2 = SP$	«средняя»	$\mu_{SP}(x; a, b, c)$	обобщенный колокол	2,25	2	11,25	7,5	14,5
$\Omega_4^3 = VP$	«высокая»	$\mu_{VP}(x; a, c)$	сигмоидная	-2	-	16	14,5	30

Таблица 5

Параметры термов лингвистической переменной «рейтинг водителя»

Имя терма	Значение терма	Имя функции	Вид функции	Параметры			Диапазон универсума $X = [X_1, X_2]$	
				a	b	c	X_1	X_2
$\Omega_5^1 = NR$	«низкий»	$\mu_{NR}(x; a, c)$	сигмоидная	5	-	1,5	0	2,5
$\Omega_5^2 = SR$	«средний»	$\mu_{SR}(x; a, b, c)$	обобщенный колокол	0,3	2	3	2,5	3,5
$\Omega_5^3 = HR$	«хороший»	$\mu_{HR}(x; a, b, c)$		0,3	2	4	3,5	4,5
$\Omega_5^4 = OR$	«отличный»	$\mu_{OR}(x; a, c)$	сигмоидная	-8	-	4,5	4,5	5

Представление класса эталонной оптимальной поездки (прототипа) и меры соответствия

На вход системы распознавания оптимальности поездки поступает не числовая информация, а оценка признака r_k в виде терма лингвистической переменной с указанием степени уверенности [16], тогда модель индивидуальной городской поездки (1) преобразуется в вид (3):

$$P_i = \{ \langle EK | \mu_1(EK), KK | \mu_2(KK), BK | \mu_3(BK) \rangle / \beta_1, \langle BS | \mu_1(BS), SS | \mu_2(SS), DS | \mu_3(DS) \rangle / \beta_2, \langle NC | \mu_1(NC), SC | \mu_2(SC), VC | \mu_3(VC) \rangle / \beta_3, \langle NP | \mu_1(NP), SP | \mu_2(SP), VP | \mu_3(VP) \rangle / \beta_4, \langle NR | \mu_1(NR), SR | \mu_2(SR), HR | \mu_3(HR), OR | \mu_4(OR) \rangle / \beta_5 \}, \quad (3)$$

где $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ – имена лингвистических переменных; EK, NC, NR, BS... – термы лингвистиче-

ских переменных; $\mu_i(EK), \mu_i(NC), \mu_i(NP)$... – степени уверенности эксперта или оператора в том, что наблюдаемый признак может быть охарактеризован соответствующим термом.

Поскольку входная информация представлена совокупностью нечётких множеств второго уровня, то логично потребовать представления нечётких классов в той же форме [16].

Таким образом, класс оптимальной поездки представляется эталонной ситуацией (прототипом) в виде (4), аналогичном (3).

$$\hat{P}_{opt} = \{ \langle EK | \hat{\mu}_1(EK), KK | \hat{\mu}_2(KK), BK | \hat{\mu}_3(BK) \rangle / \beta_1, \langle BS | \hat{\mu}_1(BS), SS | \hat{\mu}_2(SS), DS | \hat{\mu}_3(DS) \rangle / \beta_2, \langle NC | \hat{\mu}_1(NC), SC | \hat{\mu}_2(SC), VC | \hat{\mu}_3(VC) \rangle / \beta_3, \langle NP | \hat{\mu}_1(NP), SP | \hat{\mu}_2(SP), VP | \hat{\mu}_3(VP) \rangle / \beta_4, \langle NR | \hat{\mu}_1(NR), SR | \hat{\mu}_2(SR), HR | \hat{\mu}_3(HR), OR | \hat{\mu}_4(OR) \rangle / \beta_5 \}. \quad (4)$$

Процедура классификации, есть сопоставление входной ситуации (3) с ситуацией прототипом (4) для всех классов. Входная ситуация относится к классу, прототип которого наиболее близок к входной.

Для нахождения расстояния между двумя классами: анализируемым классом и прототипом, необходимо найти обобщенное относительное расстояние Хэмминга, поскольку оно наиболее адекватно соответствует поставленной задаче.

Обобщенное относительное расстояние Хэмминга рассчитывается по формуле (5):

$$\delta(P_i, \hat{P}_{opt}) = \frac{d(P_i, \hat{P}_{opt})}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\mu_{P_i}(x_i) - \mu_{\hat{P}_{opt}}(x_i)|, \quad (5)$$

где n – мощность множества (количество признаков в i -м классе), $0 \leq \delta(P_i, \hat{P}_{opt}) \leq 1$ – расстояние Хэмминга варьируется в пределах $[0;1]$.

Для оптимальной поездки \hat{P}_{opt} обобщенное относительное расстояние Хэмминга стремится к нулю. Для прототипа оптимальной поездки выбраны следующие значения признаков: класс автомобиля – «комфорт»; расположение водителя относительно клиента – «близко»; цена поездки – «низкая»; цена подачи автомобиля – «низкая»; рейтинг водителя – «отличный». Параметрическая запись представлена в виде (6).

$$\begin{aligned} \hat{P}_{opt} = \{ & \langle EK | 0, KK | 1, BK | 0 \rangle / \beta_1, \\ & \langle BS | 1, SS | 0, DS | 0 \rangle / \beta_2 \\ & \langle NC | 1, SC | 0, VC | 0 \rangle / \beta_3, \\ & \langle NP | 1, SP | 0, VP | 0 \rangle / \beta_4, \\ & \langle NR | 0, SR | 0, HR | 0, OR | 1 \rangle / \beta_5 \}. \end{aligned} \quad (6)$$

Поскольку это прототип оптимальной поездки, то решено, что степень уверенности для каждого из ключевых термов равняется 1, а остальные значения равны 0.

Чтобы сравнить текущую поездку с прототипом оптимальной поездки, необходимо оценить $\delta(P_i, \hat{P}_{opt})$.

Результаты исследований

Для проверки адекватности разработанной модели индивидуальной городской поездки (такси) был проведен эксперимент на основе 54 случайных ситуаций с разными вариантами входных и выходных данных. Чтобы проверить адекватность модели индивидуальной городской поездки (такси), эти же входные данные были представлены трем экспертам, которые выдали свое заключения относительно степени уверенности в оптимальности поездки, средний результат по каждой из поездок приведен на графике рис. 2. Для анализа результаты были отсортированы по возрастанию степени уверенности и разбиты на четыре группы: 1 группа – поездка с низкой степенью уверенности $[0;0,25]$; 2 группа – поездка со средней степенью уверенности $[0,25;0,5]$; 3 группа – поездка с хорошей степенью уверенности $[0,5;0,75]$; 4 группа – поездка с высокой степенью уверенности в оптимальности $[0,75;1]$. Это разбиение показано вертикальными линиями на рис. 2.

Для всех выбранных поездок, которые оценивали эксперты, были рассчитаны функции принадлежности их признаков и соответственно вычислено обобщенное относительное расстояние Хэмминга, представленное на рис. 3. График вертикальными линиями разбит на четыре группы в соответствии интервального разбиения оптимальности поездки, принятой у экспертов.

Анализируя полученные результаты можно заметить зависимость, что для 4 группы (оптимальной поездки) действительно наблюдается более низкое значение обобщенно относительного расстояния Хэмминга. Но по графику также видно, что в первых трех группах появляются более низкие результаты расстояние Хэмминга, что выбивается из анализа оптимальности поездки.

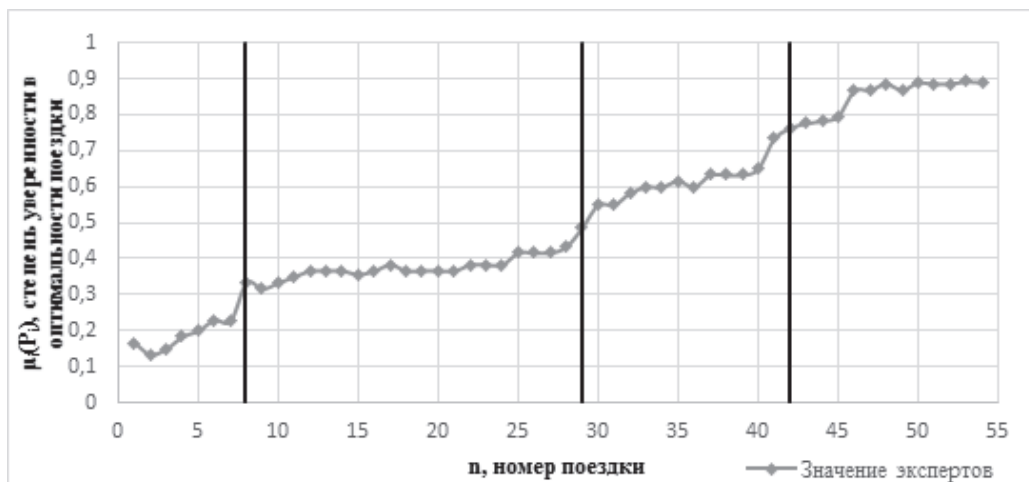


Рис. 2. Степень уверенности экспертов в принадлежности текущей поездки к оптимальной

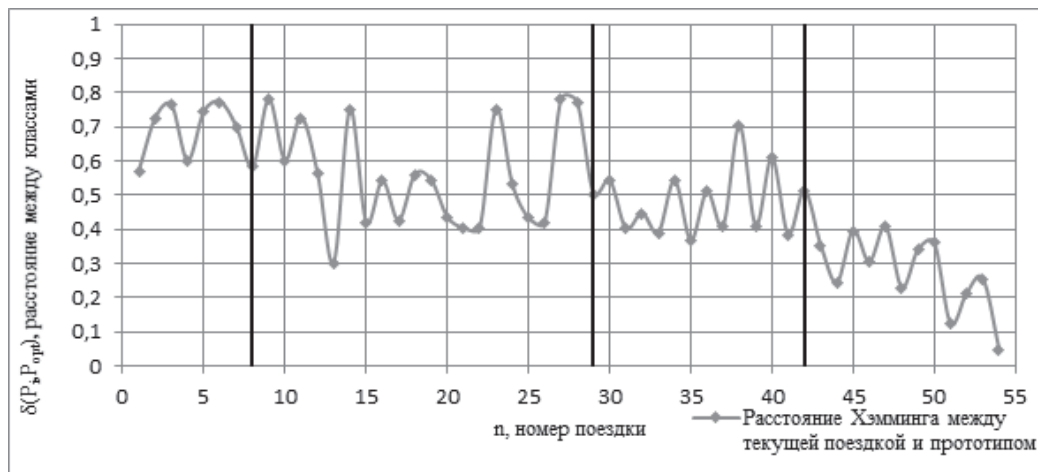


Рис. 3. Відстань Хеммінга між поточною поїздкою та прототипом оптимальної поїздки

Висновки

Розроблена модель повністю описує індивідуальну городську поїздку з усіма основними параметрами. Необхідність визначення оптимальної поїздки є актуальною задачею. Одним із способів її рішення є класифікація вхідної ситуації (текущої поїздки) на основі порівняння її з розробленим прототипом. Згідно порівняння результатів, отриманих на основі розробленої моделі індивідуальної городської поїздки з експертів, і результатів, по-

лучених при порівнянні поточної поїздки з прототипом оптимальної поїздки, можна помітити неточність при порівнянні з прототипом. Отже, для прийняття рішення про оптимальність поїздки недостатньо лише порівняння поточних вибраних характерних параметрів з оптимальними параметрами прототипа. Тому для вибору оптимальної індивідуальної городської поїздки вирішено далі застосувати модель нечіткого висновку на основі продукційних правил моделі вибору оптимальної поїздки.

Список літератури

1. Stat counter. Global Stats: Desktop vs Mobile vs Tablet vs Console Market Share Worldwide [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://gs.statcounter.com/platform-market-share#monthly-201607-201707> (дата звернення: 12.08.2017).
2. Топ-5 додатків за замовленням таксі [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://tiar.ru/news/analitika/top-5-prilozheniy-po-zakazu-taksi/> (дата звернення: 12.08.2017).
3. Fornalchik Ye. The Model of Correspondence of Passenger Transportation on the Basis of Fuzzy Logic / Ye. Fornalchik, A. Bilous, I. Demchuk // Econtechmod: an international quarterly journal. – 2015. – Vol. 04, No. 2. – P. 59-64.
4. Кашканов А.А. Дослідження процесів руху транспортних засобів при гальмуванні [Електронний ресурс] / А.А. Кашканов, Ю.О. Воложинський, Я.В. Назарук // Матеріали XLVI науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ. 22-24 березня 2017 р. – Вінниця, –2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2017/paper/view/2124> (дата звернення: 12.08.2017).
5. Меленчук В.М. Модель оцінки ризиків проектів/програм/портфелів транспортної логістики із застосуванням нечіткого логічного висновку / В.М. Меленчук // Збірник наукових праць «Вісник ЛДУ БЖД». Серія «Управління проектами і програмами», 2016. – №13. – С. 48-55.
6. Kondratenko G.V. Fuzzy Knowledge Based System for Planning and Optimization of Tanker-Refueler Routes / G.V. Kondratenko, N.Y. Kondratenko, Y.P. Kondratenko. – Minsk: Publishing Center of BSU Pattern recognition and information processing, 2016. – P. 93-98.
7. Мурадян Л.А. Розробка основних елементів для побудови системи дослідження надійності вантажних вагонів / Л.А. Мурадян // Збірник наукових праць ДЕТУТ. Серія «Транспортні системи і технології», 2016. – № 29. – С. 28-36.
8. Форнальчик Є.Ю. Застосування нечіткої логіки та генетичних алгоритмів у моделях пасажирських пересувань / Є.Ю. Форнальчик, А.Б. Білоус, І.А. Демчук // Автомобільний транспорт: сб. науч. тр. – М-во образования и науки Украины, ХНАДУ; [редкол.: Туренко А. Н. (гл. ред.) и др.]. – Харьков, 2014. – № 35. – С. 122-127.
9. Нефёдова Я.И. Моделирование процессов управления в производственно-транспортной системе / Я.И. Нефёдова, Ю.В. Булгакова // Вестник Приазовского государственного технического университета. Серия: Технические науки, 2013. – № 27. – С. 205-212.
10. Пат. 18194 UA, МПК (2006) G07C 5/00 G08G 1/123. Спосіб диспетчеризації перевезення пасажирів на таксі / Попик В. І., Подскребаєв Д.А. – Публ. 16.10.2006, Бюл № 10, 2006 р. – 3 с.
11. Пат. 77489 UA, МПК МПК (2013.01) G07C 5/00 G06Q 50/30 (2012.01). Спосіб виклику таксі / Цейтльонек Д.Є., Прудченко Є.А., Абражан І.А. – Публ. 11.02.2013, Бюл. № 3, 2013 р. – 3 с.

12. Пат. 78394 UA, МПК (2013.01) G08G 1/123 (2006.01) G07C 5/00. Спосіб обробки та розподілу замовлення таксі / Дубровський Д.С. – Публ. 11.03.2013, Бюл. № 5, 2013 р. – 4 с.
13. Пат. 82013 UA, МПК (2013.01) G08G 1/123 (2006.01) G07C 5/00. Спосіб обробки та розподілу замовлень транспортних послуг / Парасюк С. В. – Публ. 10.07.2013, Бюл. № 13, 2013 р. – 2 с.
14. Пронина О.И. Анализ моделей и технологий распределения транспортных услуг / О.И. Пронина // Научные работы Донецкого национального технического университета серия: «Информатика, кибернетика та обчислювальна техніка», 2016. – №2 (23). – С. 86-90.
15. Пронина О.И. Использование нечетких множеств при определении класса автомобиля / О.И. Пронина, Е.Е. Пятикоп // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – № 28 (1250). – С. 41-49.
16. Каргин А.А. Введение в интеллектуальные машины. Книга 1. Интеллектуальные регуляторы / А.А. Каргин. – Донецк: Норд-Пресс, ДонНУ, 2010. – 526 с.
17. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А.В. Леоненков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.

References

1. Stat counter. *Global Stats: Desktop vs Mobile vs Tablet vs Console Market Share Worldwide* <http://gs.statcounter.com/platform-market-share#monthly-201607-201707> (accessed date: 12.08.2017).
2. Top 5 applications for taxi, <https://tiap.ru/news/analitika/top-5-prilozheniy-po-zakazu-taksi/> (accessed date: 08.12.2017).
3. Fornalchik, Ye., Bilous, A. and Demchuk, I. (2015), The Model of Correspondence of Passenger Transportation on the Basis of Fuzzy Logic, *Econtechmod: an international quarterly journal*, Vol. 04, No. 2, pp. 59-64.
4. Kashkanov, A.A., Volozhynskiy, Y.O. and Nazaruk, Y.V. (2017), “Doslidzhennya protsesiv rukhu transportnykh zasobiv pry hal'muvanni” [Investigation of the processes of motion of vehicles during braking], *Materials of XLVI Scientific and Technical Conference of Departments of Vinnytsia National Technical University (NTTK VNTU)*, March 22-24, 2017, Vinnytsia, <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2017/paper/view/2124> (accessed date 12.08.2017).
5. Melenchuk, V.M. (2016), “Model' otsinky ryzykiv proektiv/prohram/portfeliv transportnoyi lohistyky iz zastosuvanniam nechitkoho lohichnogo vyvedennya” [Model of risk assessment in transport logistic project programs portfolios using fuzzy inference], *Collection of scientific works "Bulletin of the LDU BZD". Series "Project and Program Management"*, No. 13, pp. 48-55.
6. Kondratenko, G.V., Kondratenko, N.Y. and Kondratenko, Y.P. (2016), Fuzzy Knowledge Based System for Planning and Optimization of Tanker-Refueler Routes, *Pattern recognition and information processing*, Publishing Center of BSU, Minsk, pp. 93-98.
7. Muradian, L.A. (2016), “Rozrobka osnovnykh elementiv dlya pobudovy systemy doslidzhennya nadiynosti vantzahnykh vahoniv” [The development of the basic elements for building a freight car reliability study system] *Collection of scientific works DOTUT. Series "Transport Systems and Technologies"*, No. 29, pp. 28-36.
8. Fornalchik, Ye.Yu. (2014), “Zastosuvannya nechitkoyi lohiky ta henetychnykh alhorytmiv u modelyakh pasazhyrskyykh peresuvan” [Application of the fuzzy logic and genetic algorithms in the models of passenger traffic], *Automobile Transport: Collection of scientific works*, No. 35, KhNADU, Kharkiv, pp. 122-127.
9. Nefyodova, Y.I. and Bulgakova, J.V. (2013), “Modelirovaniye protsessov upravleniya v proizvodstvenno-transportnoy sisteme” [Modeling of management processes in integrated production and transportation system], *Bulletin of the Priazov State Technical University. Series: Engineering*, No. 27, pp. 205-212.
10. Popik, V.I. and Podskrebaev, D.A. (2006), “Sposib dyspetcheryzatsiyi perevezennya pasazhyriv na taksi” [Method of dispatching passengers in a taxi], UA, No. 18194.
11. Zeitlonk, D.E., Prudchenko, Y.A. and Abrazhan, I.A. (2013), “Sposib vyklyku taksi” [Method of calling a taxi], UA, No. 77489.
12. Dubrovsky, D.S. (2013), “Sposib obrobky ta rozpodilu zamovlennya taksi” [Method of processing and distribution of taxi orders], UA, No. 78394.
13. Parasiuk, S.V. (2013), “Sposib obrobky ta rozpodilu zamovlen' transportnykh posluh” [The method of processing and distribution of orders transport services], UA, No. 82013.
14. Pronina, O.I. (2016), “Analiz modeley i tekhnologiy raspredeleniya transportnykh uslug” [Analysis of models and technologies for distribution of transport services], *Scientific papers of Donetsk National Technical University Series: "Informatics, Cybernetics and Computer Science"*, No 2(23), pp. 86-90.
15. Pronina, O.I. and Pyatikop, E.E. (2017), “Ispol'zovaniye nechetkikh mnozhestv pri opredelenii klassa avtomobilya” [The use of fuzzy sets in determining the class of a car], *News of the National Technical University "KhPI" Collection of scientific works. Series: System Analysis, Management and Information Technology*, No. 28 (1250), Kh. NTU "KhPI", pp. 41-49.
16. Kargin, A.A. (2010), “Vvedeniye v intellektual'nyye mashiny. Kniga 1. Intellektual'nyye regulatory” [Introduction to intelligent machines. Book 1. Intellectual regulators], Nord-Press, DonNU, Donetsk, 526 p.
17. Leonenkov, A.V. (2005), “Nechetkoe modelirovaniye v srede MATLAB y fuzzyTECH” [Fuzzy modeling in the MATLAB and fuzzyTECH environment], BHV-Petersburg, St. Petersburg, 736 p.

Поступила в редколлегию 02.10.2017
Одобрена к печати 16.11.2017

Відомості про автора:**Проніна Ольга Ігорівна**

Асистент кафедри Державного вищого навчального закладу «Приазовський державний технічний університет»,
Маріуполь, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-7085-8027>
e-mail: pronina.lelka@gmail.com

Information about the author:**Pronina Olga**

Assistant Lecture of the Department of the State Higher Educational Establishment «Priazovsky state technical university»,
Mariupol, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-7085-8027>
e-mail: pronina.lelka@gmail.com

**ФОРМАЛІЗОВАНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ МІСЬКОЇ ПОЇЗДКИ
НА ОСНОВІ ЛІНГВІСТИЧНИХ ЗМІННИХ**

О.І. Проніна

У статті представлена модель індивідуальної міської поїздки (таксі) з урахуванням усіх ключових параметрів, її порівняння з прототипом оптимальної поїздки. Для параметрів поїздки визначені лінгвістичні змінні, множина їх значень, функції приналежності. Введений параметричний запис прототипу оптимальної поїздки і встановлена міра порівняння – відстань Хеммінга.

Представлені результати експериментів порівняння поточної індивідуальної міської поїздки з прототипом оптимальної. Проведено аналіз результатів експериментів з оцінкою експертів.

Ключові слова: *модель індивідуальної міської поїздки, функції приналежності, оптимальна поїздка, узагальнена відносна відстань Хеммінга, прототип.*

**FORMALIZED PRESENTATION OF AN INDIVIDUAL CITY TRIP
ON THE BASIS OF LINGUISTIC VARIABLES**

O. Pronina

The article presents the model of an individual city trip (taxi) taking into account all the key parameters, its comparison with the prototype of the optimal trip.

Modern society uses mobile devices, the Internet, GPS positioning and mobile applications more and more. These technologies are also used in transport systems. Many customers use mobile applications to call a taxi. The choice of the proposals should be optimal. The purpose of the work is to build a model of an individual city trip (taxi) taking into account all the key parameters. Since the domain of estimation of parameters is subjective, it was decided to use the fuzzy logic apparatus. The author has analyzed the latest publications in this field. The main signs (parameters) for the travel model are determined: "car class", "trip price", "car supply price", "driver's location relative to the client", "driver's rating". Linguistic variables are used to describe these parameters. Each linguistic variable is represented as a tuple, the names of terms and their number are indicated. The author has chosen the membership functions for variables. The choice of the best trip is determined by comparison with the prototype trip. The comparison is performed using the generalized relative Hamming distance. A prototype of the optimal trip with linguistic variables is described with their terms and membership functions, and a parametric record of the prototype is also presented.

For the experiment, the experts established a degree of assurance of optimality for 54 situations. The Hamming distance for each situation made it possible to assess the proximity of the current situation and to classify it relative to the optimal trip. These results were compared with the results of the experts. The resulting model of individual travel will be used in decision-making systems to select the optimal trip. This will reduce the time of selection and simplify the work for the client (user).

Keywords: *model of individual city trip, membership functions, optimal trip, generalized relative Hamming distance, prototype.*