

УДК 004.896

О.И. ПРОНИНА, Е.Е.ПЯТИКОП, Р.И.ПРОНИН
Государственное высшее учебное заведение
«Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

ПОДСИСТЕМА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ГОРОДСКОЙ ПОЕЗДКИ

В данной работе описана подсистема, направленная на автоматизацию процесса выбора оптимального варианта поездки на основе всех существующих параметров. Рассмотрены функциональные возможности и варианты использования подсистемы выбора оптимальной индивидуальной городской поездки, ее место в системе. Приведена нечеткая модель выбора, которая лежит в основе подсистемы. Проанализирован результат использования системы.

Ключевые слова: оптимальная поездка, модель нечеткого вывода, советующая подсистема, эффективность подсистемы.

О.І. ПРОНІНА, О.Є. П'ЯТИКОП, Р.І. ПРОНІН
Державний вищий навчальний заклад
«Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь

ПІДСИСТЕМА ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОЇ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ МІСЬКОЇ ПОЇЗДКИ

У даній роботі описана підсистема, спрямована на автоматизацію процесу вибору оптимального варіанту поїздки на основі всіх існуючих параметрів. Розглянуто функціональні можливості і варіанти використання підсистеми вибору оптимальної індивідуальної міської поїздки, її місце в системі. Наведена нечітка модель вибору, яка лежить в основі підсистеми. Проаналізовано результат використання системи.

Ключові слова: оптимальна поїздка, модель нечіткого виводу, підсистема, що радить, ефективність підсистеми.

O.I. PRONINA, E.E. PYATIKOP, R.I. PROININ
State Higher Educational Institution
«Priazov State Technical University», Mariupol

SUBSYSTEM OF SELECTING THE OPTIMUM INDIVIDUAL CITY TRIP

In this paper, we describe a subsystem aimed at automating the process of choosing the optimal variant of a trip based on all existing parameters. Functional possibilities and variants of using the subsystem for selecting the optimal individual city trip, its place in the system are considered. The fuzzy model of choice that underlies the subsystem is given. The result of using the system is analyzed.

Keywords: optimal trip, model of fuzzy inference, advisory subsystem, efficiency of subsystem.

Постановка проблемы

В настоящее время большое внимание уделяется вопросам автоматизации в различных сферах жизни человека. Для современного общества характерен стремительный переход пользователей на мобильные устройства [1]. Все более востребован быстрый и доступный Интернет, GPS позиционирование и мобильные приложения, используемые повсеместно. Особенно актуально применение этих технологий для транспортных систем и организации перевозок, в том числе частных пассажирских (такси). На сегодняшний день существует несколько предложений об организации перевозок с помощью смартфонов [2]. В их основе используются разные модели организации взаимодействия поставщика и потребителя услуг. В одних случаях для связи водителей и клиента используется посредник – диспетчер, и для создания заказа клиенту необходимо совершить звонок в диспетчерскую службу. В этом случае выбор автомобиля и других параметров поездки зависит от диспетчера и обусловлен политикой компании или собственными предпочтениями посредника. В другой модели организации поездки полностью исключается диспетчерская. В этом случае создание, распределение и все операции с подтверждением заказа проводятся через информационную систему. Так для совершения индивидуальной городской поездки клиентом в приложении создается заказ. Далее пользователю предоставляется перечень всех доступных автомобилей с учетом радиуса ограничения видимости. Одни клиенты максимально быстро выбирают автомобиль для совершения поездки, не обращая внимания на все параметры. Другие вникают в подробности каждой поездки, тем самым теряя время. Так или иначе, в обеих моделях перед человеком возникает проблема выбора оптимальной

поездки. Оптимальная поездка, сочетает в себе класс автомобиля «комфорт», минимальную стоимость подачи автомобиля, низкую стоимость поездки, близкое расположение водителя относительно клиента, высокий рейтинг водителя. Таким образом, выбор осуществляется субъективно и не всегда оптимально. Поэтому актуально внедрение советуемой подсистемы, которая позволит автоматизировать процесс выбора оптимального варианта на основе всех существующих параметров.

Анализ последних исследований и публикаций

На сегодняшний день существует много работ, посвященных вопросам автоматизации и принятию решений в различных транспортных системах и задачах. Так в работе [3] описывается автоматизированная система оптимизации грузовых перевозок в транспортной сети. Системой выполняется оптимизация перевозок грузов между пунктами снабжения и пунктами потребления, с учетом ограничений на объемы грузов в пунктах отправления и назначения. В статье [4] рассматриваются проблемы автоматизации процесса принятия решений в информационно-навигационных системах контроля и анализа параметров движения автотранспорта на основе интеллектуальных информационно-технологий. Приводится возможность применения для этих целей системы поддержки принятия решений, в которой используется алгоритм логического вывода при различных стратегиях сокращения перебора. Показано, что такой подход способствует повышению эффективности решения логико-аналитических задач в информационно-навигационных системах контроля и анализа параметров движения автотранспорта.

Целесообразность использования системы поддержки принятия решений (СППР) как подсистемы интегрированной АСУТП подтверждается также в работе [5]. Авторы на примере процесса транспорта газа рассмотрели цели и задачи диспетчерского управления и проблемы, возникающие при включении диспетчера в контур управления. Предлагается методология построения и структура системы поддержки принятия решений, а также методы, необходимые для создания ее компонентов. Задачи разработки СППР для диспетчеров достаточно актуальны. В статье [6] предлагается метод формализованного описания процессов принятия решений поездным диспетчером по выбору станций обгона и скрещения в условиях движения поездов по диспетчерскому расписанию с целью автоматизации информационной поддержки принятия решений и функций управления движением поездов на базе современных систем диспетчерской централизации.

Исследования показали, что в качестве математической основы таких систем рационально использование аппарата нечеткой логики. В работе [7] излагается подход к структурно-параметрической оптимизации транспортных систем с использованием методов нечеткого моделирования для определения полноты области возможных оптимальных решений. В статье [8] описываются предложения по составу, структуре и режимам использования интеллектуальной системы классификации воздушных судов, которые могут использоваться для совершения террористических актов. Интеллектуальную систему также предлагается реализовать на основе использования методов теории нечетких множеств и нечеткой логики.

Таким образом, разработка советуемой подсистемы, которая позволит автоматизировать процесс выбора оптимального варианта индивидуальной городской поездки, актуальна. Поскольку область оценки параметров субъективна, целесообразно использование аппарата нечеткой логики.

Формулирование цели исследования

Целью данной работы является проектирование, разработка и проверка адекватности работы советуемой подсистемы выбора оптимального варианта индивидуальной городской поездки, реализованной на основе нечеткой модели выбора.

Изложение основного материала исследования

Для описания индивидуальной городской поездки (такси) была разработана модель поездки, представленная множеством $P = \{(p_1, \Omega_1^j), (p_2, \Omega_2^j), (p_3, \Omega_3^j), (p_4, \Omega_4^j), (p_5, \Omega_5^j)\}$, 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 водителя. Полное описание модели, ее параметров и апробация были выполнены ранее [9]. Данная работа посвящена реализации нечеткого вывода для выбора оптимальной индивидуальной городской поездки в виде подсистемы.

Нечеткая модель выбора оптимальной поездки

Для определения степени уверенности поездки используется нечеткая модель выбора. В основе нечеткой модели выбора оптимальности поездки лежит формальная система вида (1).

$$HM_2 = \langle \{V\}_{i=1}^5, \{W\}_{j=1}^4, \{R\}_{k=1}^{107} \rangle \quad (1)$$

При формировании базы правил $R = \{R_1, R_2, \dots, R_{107}\}$, каждое правило представлялось в виде нечеткой продукции вида (2).

ПРАВИЛО<#>:ЕСЛИ" β_1 есть α_1 "И" β_2 есть α_2 "И..." β_m есть α_m " ТО " ω_1 есть y_1 "И" ω_2 есть y_2 "И..." ω_s есть y_s " (2)

В качестве схемы нечеткого вывода предлагается использовать алгоритм Мамдани: метод активации – min-активация, во всех правилах в качестве логической связки для условий применяется нечеткая конъюнкция, в качестве метода агрегирования используется min-конъюнкция, для аккумуляции заключений правил – метод max-дизъюнкции, метод дефазификации – метод центра тяжести.

Множество $V = \{\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5\}$, состоит из входных лингвистических переменных:

– β_1 – «класс автомобиля» [20], $T(\beta_1) = \{EK, KK, BK\}$, $X = [0, 300]$. Наименования термов EK – «эконом класс», KK – «комфорт класс», BK – «бизнес класс», функции принадлежности треугольная;

– β_2 – «расположение водителя относительно клиента», $T(\beta_2) = \{BS, SS, DS\}$, $X = [0, 300]$. Наименование термов BS – «близкое расстояние», SS – «среднее расстояние», DS – «далекое расстояние». Функции принадлежности, для термов BS, DS - сигмоидная, для SS – обобщенный колокол;

– β_3 – «цена поездки», $T(\beta_3) = \{NC, SC, VC\}$, $X = [0, 300]$. Наименование термов NC – «низкая цена», SC – «средняя цена», VC – «высокая цена». Функции принадлежности, для термов NC, VC - сигмоидная, для SC - обобщенный колокол;

– β_4 – «цена подачи», $T(\beta_4) = \{NP, SP, VP\}$, $X = [0, 300]$. Наименование термов NP – «низкая подача», SP – «средняя подача», VP – «высокая подача». Функции принадлежности, для термов NP, VP - сигмоидная, для SP - обобщенный колокол;

– β_5 – «рейтинг водителя», $T(\beta_5) = \{NR, SR, HR, OR\}$, $X = [0, 300]$. Наименование термов NR – «низкий рейтинг», SR – «средний рейтинг», HR – «хороший рейтинг», OR – «отличный рейтинг». Функции принадлежности, для термов NR, OR - сигмоидная, для SR, HR - обобщенный колокол.

Лингвистическая переменная ω_1 определяется кортежем $\langle \omega_1, T(\beta_1), X \rangle$, где ω_1 – «степень уверенности в оптимальности поездки», $T(\omega_1) = \{NSU, SSU, HSU, VSU\}$, $X = [0, 10]$. Наименование термов NSU – «низкая степень уверенности», SSU – «средняя степень уверенности», HSU – «хорошая степень уверенности», VSU – «высокая степень уверенности». Функции принадлежности, для термов NSU, VSU – сигмоидная, для SSU, HSU – обобщенный колокол.

Значений параметров термов каждой лингвистической переменной, функции принадлежности и диапазон универсума для входных переменных приводятся в [9]. На основании разработанной модели, были сформулированы правила, основанные на мнениях экспертов, относительно оптимальности поездки. Данные правила легли в основу нечеткой систем выбора оптимальной поездки.

Общая структура информационной системы организации индивидуальной городской поездки

Информационная система организации индивидуальной городской поездки состоит из отдельных частей: подсистема клиента, подсистема водителя, серверная часть, подсистема выбора оптимальной поездки.

Функциональные возможности подсистем следующие:

– подсистема «Клиент» реализует задачу задания координат для начала и конца поездки, а также возможность выбора из предложенного списка водителей и автомобилей поездку и осуществление на прямую звонка водителю или же заказ функции «перезвонить мне»;

– подсистема «Сервер» представляет список свободных водителей клиенту, передает данные о заказе водителю, сохраняет все текущие координаты водителей;

– подсистема «Водитель» реализует возможность установки режима работы «я свободен», «я занят», возможность передачи своих координат серверу, а также получение всех данных о заказе;

– подсистема «Выбор оптимальной поездки» реализует оценку каждой предложенной поездки, согласно заданным ограничениям, а также производит определение степени уверенности каждой

поездки, для дальнейшего построения ранжированного списка поездок. Основу этой подсистемы составляет нечеткий вывод, представленный видом (1).

На рис. 1 приведена общая схема структуры системы, в которую включена подсистема выбора оптимальной индивидуальной городской поездки разработанной модели.

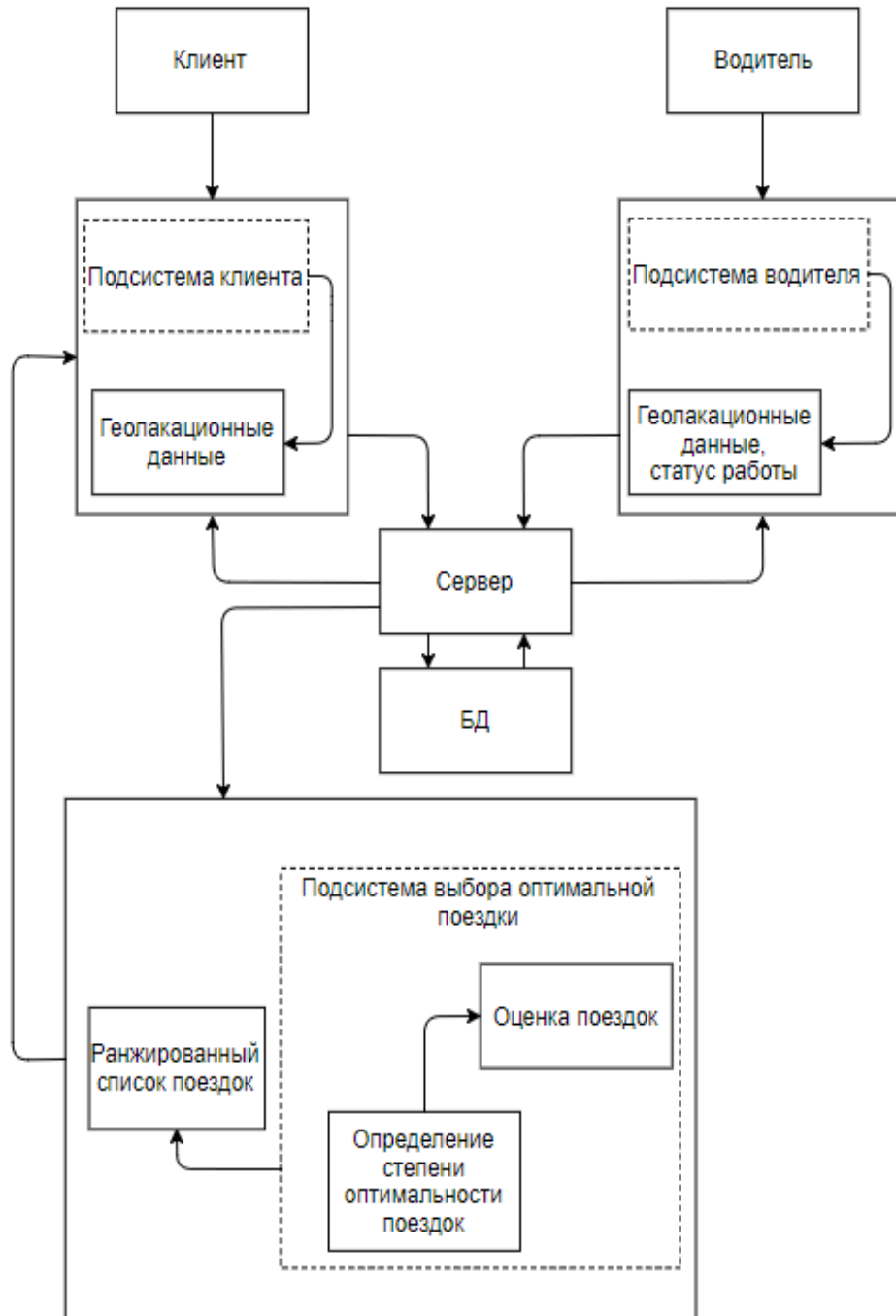


Рис. 1. Структурная схема информационной системы организации индивидуальной городской поездки

В подсистеме «Выбор оптимальной поездки» присутствуют два агента: клиент и водитель, представленных на рис. 2. На диаграмме вариантов использования отображены операции, которые нужно выполнить пользователю для формирования поездки: выбрать координаты начала поездки, выбрать из предложенного списка водителей интересующего или выбрать оптимальную поездку.

Пользователю (клиенту) предоставляется основная возможность – это подбор поездки. Подбор поездки обязательно включает в себя предоставление списка водителей (окончательное решение по

поездки принимает пользователь), возможность из этого списка выбрать для себя водителя или позволить подсистеме определить оптимальную поездку. Также водителю от клиента передается все подробности поездки и для клиента есть возможность связаться с водителем напрямую (посредством звонка) или заказать «перезвонить мне».

Для водителя возможность работы с подсистемой – это участие в формировании поездки, включающее в себя формирование протокола поездки и смена режима занятости.

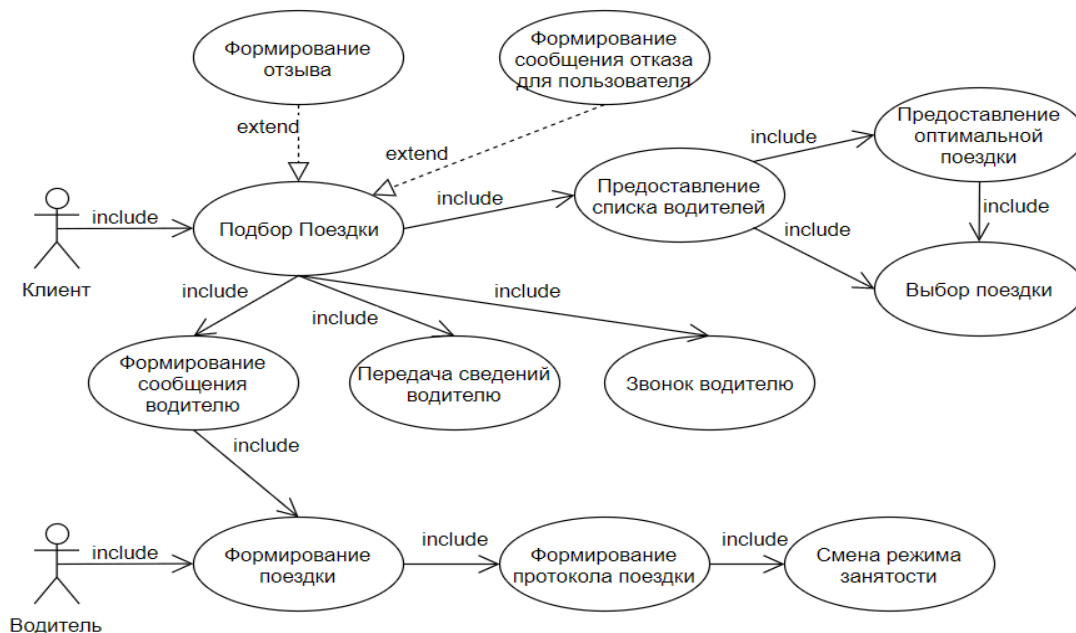


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования подсистемы

Входными данными для системы являются данные из подсистемы «Клиент» и данные из подсистемы «Водитель».

Из подсистемы «Клиент» поступают геолокационные данные о начальных координатах поездки, а также геолокационные данные о конечной точке поездки или адрес трансформируемый в координаты. Кроме того из подсистемы «Клиент» передается информация о выборе поездки.

Из подсистемы «Водитель» поступают статус включения приложения и готовности к работе, статус водителя – «я свободен» или «я занят», подразумевающие возможность участвовать в отборе водителей для поездки, а также геолокационные данные местонахождения водителя в реальном режиме времени.

Результаты экспериментов

Для проверки адекватности нечеткого выбора оптимальной поездки был проведен эксперимент из 50 ситуаций с разными параметрами класса автомобиля, стоимости подачи, стоимости поездки, расположения водителя относительно клиента, рейтинга водителя. Каждая созданная ситуация оценивалась по модели и экспертами. Мерой разницы была выбрана средняя абсолютная ошибка (MAE), которая показала незначительное отличие расчетных значений от значений эксперта. По выборке в целом MAE = 0.0095, что является приемлемым для использования в подсистеме.

Перед внедрением подсистемы были проведены исследования по оценке оперативности принятия решения самими клиентами. Для проведения эксперимента было выбрано 262 поездки, собранных в 64 ситуации. Все ситуации были разбиты на группы в соответствии с количеством вариантов поездки (3 и менее, 4, 5, 6 и более автомобилей). Среди тестируемых поездок, были всевозможные вариации сочетания класса автомобиля, цены поездки, цены подачи, расположения относительно клиента и рейтинга водителя, все данные были взяты из системы с реальными водителями и автомобилями. В эксперименте для каждой группы выбора было засечено время, которое пользователь тратил с учетом изучения параметров поездки и без изучения параметров. Среднее время выбора без изучения дополнительных параметров поездки составляет 7 – 19 с, а с учетом изучения дополнительных параметров 19 – 33 с, увеличение времени происходит в 2,6 раза. Максимальное время выбора при проведении эксперимента составило 44 секунды, минимальное время – 7 секунд. Кроме этого, анализируя каждую группу выбора, подтверждена закономерность, что при увеличении количества

вариантов поездок в каждом выборе увеличивается и время выбора, вне зависимости от изучения дополнительных параметров поездки. Поскольку выбор оптимальной поездки подсистемой занимает менее одной секунды, таким образом, внедрение подсистемы выбора оптимальной поездки приводит к сокращению времени обслуживания клиента.

Кроме временных затрат важную роль играет качество оптимальности выбранной пользователем поездки. Меньшие затраты клиента по времени понижали возможность выбора оптимальной поездки. Поэтому на той же выборке из 64 ситуаций были проведены исследования по оценке качества самостоятельного выбора пользователей. Для каждой ситуации была определена оптимальная поездка на основе нечеткого выбора подсистемы, а также рассчитана степень уверенности в оптимальности для варианта поездки, выбранного пользователем самостоятельно. Результаты выборов, а именно степень уверенности в оптимальности поездки, сделанные пользователем и подсистемой приведено на рисунке 3. На рисунке видно, что не всегда есть поездка с наивысшей степенью уверенности в оптимальности, но тем не менее подсистема определяет максимально оптимальную поездку из предложенных.

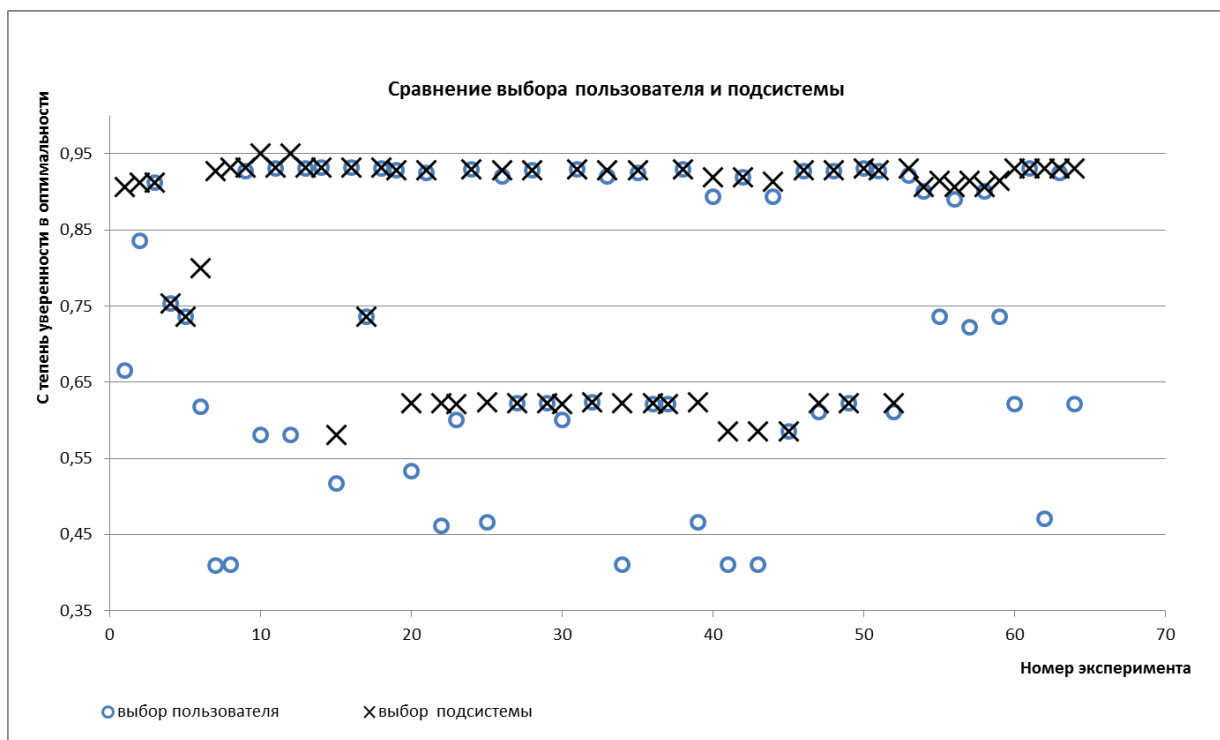


Рис. 3. Сравнение выбора оптимальной поездки пользователем и подсистемой

Из 64 ситуаций только 28 выборов пользователей совпали с оптимальным выбором подсистемы, что составило 43,75%. Соответственно, доля неудачных выборов пользователя составляет 56,25%, что составляет большую часть. Таким образом, использование подсистемы выбора оптимальной поездки значительно эффективнее позволяет выбрать оптимальную поездку по сравнению самостоятельным выбором пользователя.

Выводы

Для выбора оптимальной индивидуальной городской поездки была применена модель нечеткого вывода на основании продукционных правил модели выбора оптимальной поездки. Модель основана на ключевых параметрах: класс автомобиля, цена поездки, цена подачи, расположение относительно клиента и рейтинга водителя. Благодаря внедрению разработанной модели в подсистему выбора оптимальной поездки сокращено время обслуживания клиента. Тестирование разработанной подсистемы показало, что использование подсистемы позволит устранить неудачный выбор пользователей, который при ручном выборе составлял более 50% от всех ситуаций.

Список использованной литературы

1. Stat counter. Global Stats: Desktop vs Mobile vs Tablet vs Console Market Share Worldwide Режим доступа: <http://gs.statcounter.com/platform-market-share#monthly-201607-201707> (дата обращения: 12.11.2017).
2. Топ-5 приложений по заказу такси. – Режим доступа: <https://tiar.ru/news/analitika/top-5-prilozheniy-po-zakazu-taksi/> (дата обращения: 12.11.2017).
3. Забара С. С. Автоматизована система управління транспортними перевезеннями / С. С. Забара, М. Т. Дехтярук // Системні дослідження та інформаційні технології, 2014. – № 2. – С. 18–28.
4. Прохоров В. П. Принятие решений в системе контроля и анализа параметров движения автотранспорта /В.П. Прохоров, А.В. Прохоров // Радиоэлектроника и информатика, 2016. – №1. – С.32-38.
5. Николаев А.Б. Система поддержки принятия решений для диспетчера межпромышленного коллектора / А. Б. Николаев, Л.И. Бернер // Автоматизация и управление в технических системах. – 2014. – № 1.2 – Режим доступа: auts.esrae.ru/9-170 (дата обращения: 25.12.2017).
6. Кокурин И. М. Автоматизация информационной поддержки принятия решений поездным диспетчером при организации движения поездов /И. М. Кокурин, А. Б. Васильев // Автоматика на транспорте, 2015. – №2. – С.156-167.
7. Дудукалов Ю.В. Применение методов нечеткого моделирования для оптимизации транспортных систем // Вісник СевНТУ: Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – Севастополь, 2011. – Вип. 122/2011. – С. 61–64.
8. Морозов О.О. Интеллектуальна система класифікації повітряних суден, які можуть використовуватися для здійснення терористичних актів, на основі методів теорії нечітких множин та нечіткої логіки // Вісник Харківського національного університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба «Системи обробки інформації», 2016. – № 9 (146). – С. 31-34
9. Пронина О. И. Формализованное представление индивидуальной городской поездки на основе лингвистических переменных / О. И. Пронина // Вісник Харківського національного університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба «Системи обробки інформації», 2017. – № 1 (151). – С. 39-47.