

НЕЧЁТКО-МНОЖЕСТВЕННАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ

Кунда Н. Т., Лебедь В. В.

Национальный транспортный университет, г. Киев

Аннотация. Управление рисками при автомобильной перевозке грузов представляет собой процесс взаимодействия многих составляющих, которые характеризуются значительным числом параметров. Учёт рискованных событий и их оценка на этапе планирования перевозки позволит снизить возникновение потенциального риска на этапе ее выполнения. Представленная модель управления рисками с использованием нечёткой логики обеспечит улучшение качества транспортных услуг.

Ключевые слова: перевозка грузов, риски принятия решений, система нечёткой логики, лингвистические переменные, модель управления рисками.

Введение

Чтобы интегрироваться в общеевропейскую транспортную сеть, необходимо принять принципиальные подходы европейской транспортной политики, адаптировав их к украинским условиям. Главная цель этой политики – создание единого рынка транспортных услуг, повышение эффективности транспортного процесса, обеспечение безопасности перевозок, надежности и комфорта работы перевозчиков [1]. Вопросам вхождения в международную транспортную сеть уделяется большое внимание со стороны правительства Украины.

Анализ публикаций

Важное значение имеют исследования по прогнозированию грузопотоков. В работе [2] с применением теории графов разработана методика определения объемов перевозок на международных, внутренних и транзитных маршрутах, суть которой состоит в использовании статистических данных для прогнозирования с помощью различных математических моделей и методов.

В отечественной и зарубежной практике используются преимущественно эвристические методы определения перспективных объемов перевозок с использованием экспертных оценок, что обусловлено низким уровнем обеспечения информацией и её недостаточной детализацией [3]. Сегодня практически отсутствуют методы и модели обобщённой оценки значительного числа факторов, влияющих на эффективность доставки грузов: скорости, уровня предоставления сервиса, времени доставки, стоимости груза и т.д. Сложность принятия решения,

например по выбору поставщика транспортной услуги, как утверждается в работе [4], связана с необходимостью совместного анализа ряда факторов, находящих отображение в соответствующих критериях. Работа [5] указывает на многокритериальность такого выбора в условиях неполной и неточной информации.

Методы и модели управления автомобильными перевозками, методология принятия оптимальных решений отражены сегодня в работах известных учёных, таких как С. Д. Бушуев, Н. С. Бушуева, Т. А. Воркут, В. И. Воропаев и др.

Цель и постановка задачи

Многие вопросы повышения эффективности перевозок грузов автомобильным транспортом требуют дальнейших исследований. Прежде всего это касается вопросов управления рисками при предоставлении транспортных услуг. Актуальной научно-прикладной задачей является анализ рисков, возникающих в процессе принятия управленческих решений при отсутствии или недостаточности информации об условиях выполнения перевозки [6].

Риски при перевозке грузов в международном сообщении возникают в условиях неопределённости и характеризуются недостаточностью либо отсутствием полной и достоверной информации об условиях реализации доставки и противоречиями интересов участников транспортного процесса (далее – УТП).

В частности, на качество перевозочного процесса на международных автомобильных маршрутах могут негативно повлиять низкая

пропускная способность маршрутов, снижение скорости доставки грузов вследствие неудовлетворительного состояния дорог, увеличение времени доставки грузов, отставание в развитии информационных технологий, снижение качества обслуживания сервисными пунктами, несоблюдение правового поля.

Риски также являются причиной появления неблагоприятных ситуаций и их последствий. Например, для перевозчика это задержки на пунктах пропуска, нарушение требований ЕСТР, ухудшение технического состояния автомобиля, ДТП; для грузоотправителя и грузополучателя – это несвоевременная доставка груза, его повреждение в процессе транспортировки, невыполнение условий договора перевозки и т. п. Такие негативные проявления влекут за собой дополнительные затраты предприятия на выполнение перевозки и, как следствие, потерю потенциальных заказчиков (клиентов).

Исследование комплексной оценки риска принятия решения

Для снижения степени риска следует создавать условия, обеспечивающие повышение качества транспортных услуг, а именно: лимитирование (установление системы ограничений, способствующих уменьшению степени риска), локализацию (прогнозирование возникновения рисков ситуаций), влияние на источник риска (минимизация угрозы).

Методы оценки рисков делятся на количественные и качественные. Количественный анализ позволяет определить размеры отдельных рисков и риск перевозки в целом, качественный анализ позволяет выявить потенциальные области риска и оценить факторы риска качественно.

Однако наличие преимущественно качественной информации от УТП (а это грузоотправители, грузополучатели, перевозчики и экспедиторы) делает недостаточным использование традиционных математических методов и требует иного подхода, учитывающего роль человека в принятии решения [7].

По утверждению основателя теории нечётких множеств Лотфи Заде, с возрастанием сложности принятия решений постепенно снижается способность эксперта делать точные утверждения, пока не будет достигнут порог, за которым точность решений и релевантность информации станут взаимоисключающими. Теория нечётких множеств даёт

строгий математический аппарат, позволяющий учесть на уровне модели присущую человеческому интеллекту нечёткость целей, восприятия информации и правил логического вывода [8]. Отношения динамических процессов между входом и выходом описываются набором правил нечёткой логики (IF-THEN-правил), которые предусматривают использование лингвистических переменных (далее – ЛП) вместо усложнённой динамической модели. Правила могут быть заданы экспертным путём или же получены из числовых статистических данных.

Поэтому при планировании международных автомобильных маршрутов для анализа рисков предлагается применить методы нечёткой логики с использованием ЛП, поскольку большинство управленческих решений принимаются при условии, когда цели, ограничения и последствия возможных действий формируются на основе субъективной информации водителей. Использование ЛП позволяет поставить задачу в терминах, привычных для разработчика плана перевозки, с использованием информации разной по стилю, содержанию, формализации, т.е. информации количественной, качественной и иной природы [9].

Для оценки рисков используется лингвистическая переменная $T(X)$:

$$T(X) = \{ \text{очень высокий риск, высокий риск, достаточно высокий риск, относительно высокий риск, средний риск, относительно низкий риск, достаточно низкий риск, низкий риск, очень низкий риск, риск практически отсутствует} \} \quad (1)$$

Следует отметить, что терм-множество содержит набор слов, с использованием которых оценки описаны природным образом и могут иметь такое количество элементов, которое позволило бы экспертам оценить риск по имеющейся информации. Математическая модель с использованием ЛП позволяет учитывать появление рисков, возникающих вследствие получения возможно неточной информации путём анкетирования УТП.

Для анализа рисков разработан алгоритм применения аппарата теории нечётких множеств, структурная схема оценки которого представлена на рис. 1.

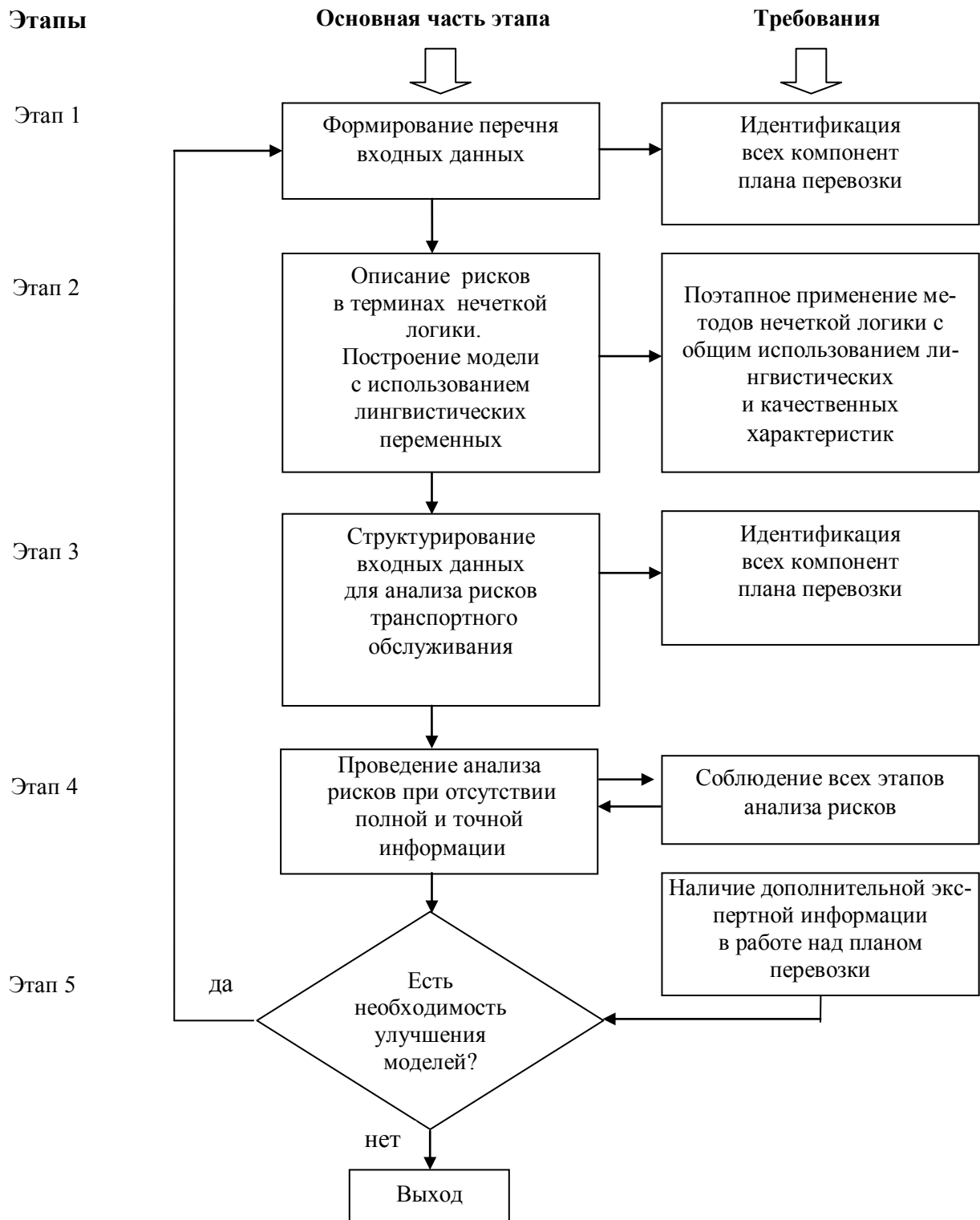


Рис. 1. Алгоритм оценки риска принятия управленческого решения с использованием методов нечеткой логики

Установлено, что в мышлении человека-эксперта (в нашем случае – перевозчика) используются не числа, а образы и слова, поэтому экспертные оценки даются в терминах «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и

т.д. Они являют собой объекты нечисловой природы: градации качественных оценок, ранжирование, разбивки, нечёткие преимущества и т.п. В таком случае неопределённые качественные понятия представляют в виде

интервальных чисел или объектов многозначных логик. Понятие «нечёткая логика» предполагает, что эта логика оперирует приближениями и понятиями, и это делает её подобной рассуждениям экспертов. Функционал истинности в системе нечёткой логики принимает значение на отрезке $[0, 1]$.

При планировании перевозки учитываются входные параметры, существующие ограничения и допустимый риск, возникающий в транспортном процессе доставки грузов. Модель управления рисками может быть описана следующим образом:

$$R_{k_j} = \{Y_t, Z_{sec}, Q_{ser}\} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где R_{k_j} – риск k -го плана перевозки; Y_t – время доставки груза (зависит от фактической интенсивности движения автомобилей, пропускной способности автомобильной дороги, скорости доставки груза); Z_{sec} – безопасность транспортировки груза (включает сохранность груза в процессе транспортировки, качество обслуживания при прохождении пункта пропуска при международном сообщении, информационное обеспечение участников дорожного движения); Q_{ser} – сервис предоставления транспортных услуг на маршруте (определяется наличием TIR-стоянок, грузовых терминалов на маршруте, качеством обслуживания на сервисных пунктах по ходу следования).

Преимущество нечёткой логики над другими методами состоит в возможности оперировать нечёткими входными данными (например, низкая интенсивность транспортного потока, средний уровень информационного обеспечения, достаточное количество АЗС) и использовать количественные, качественные и релейные оценки с учётом их степени достоверности и распределения.

Входными параметрами системы нечёткой логики является множество

$$X = \{Y_t, Z_{sec}, Q_{ser}\}$$

с входами

$$\bar{x} = (x_i | i = 1 \dots n)$$

(например, фактическая интенсивность движения автомобилей, пропускная способность автомобильной дороги, уровень сервиса).

Каждый анализируемый параметр имеет свой нечёткий ответник в виде лингвистической переменной, которая состоит из термов, каждый из которых является нечётким мно-

жеством. База нечётких правил формируется в виде условных операторов

if логическое выражение *then* оператор,

как совокупность сочетания нечётких значений входных лингвистических данных, соответствующих конкретному терм-множеству выходной лингвистической переменной.

Используя далее агрегирование нечётких выходов в общее выходное значение с применением S -, Z - и T -функций принадлежности и его преобразование в чёткое числовое значение, можно выбрать наиболее привлекательный вариант из множества имеющихся, что представляет практическую ценность для разработчиков плана перевозки.

Принципиальная новизна этого подхода состоит в том, что можно на этапе планирования определять области изменения параметров, которые обеспечили бы допустимый уровень риска.

Постановка задачи следующая: имеется набор из P планов перевозок, которые необходимо оценить по величине свойственных им рисков. Для объективной оценки используются суждения m экспертов, являющихся специалистами в области автомобильных перевозок. Каждый критерий риска определяется оценкой и весом критерия, т.е. степенью важности).

Оценка критерия i , выполненная экспертом j для плана k в качественной форме с использованием лингвистической переменной X , выбранной из терм-множества $T(X)$, может быть отображена в нечёткое число $r_{k_{ij}}$:

$$r_{k_{ij}}, \quad k = \overline{1, P}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}. \quad (3)$$

Оценка веса критерия i , выполненная экспертом j для плана k в качественной форме с использованием лингвистической переменной X , выбранной из терм-множества $T(X)$, может быть отображена в нечёткое число $w_{k_{ij}}$:

$$w_{k_{ij}}, \quad k = \overline{1, P}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}. \quad (4)$$

Необходимая составляющая управления рисками – это обобщение весов критериев $w_{k_{ij}}$ и их оценок $r_{k_{ij}}$ с учётом мнений всех экспертов, полученных путём анкетирования. Процедуру агрегирования весов и оценок представим следующим образом:

$$w_{k_i} = \frac{w_{k_{i1}} + \dots + w_{k_{im}}}{m}; \quad r_{k_i} = \frac{r_{k_{i1}} + \dots + r_{k_{im}}}{m}, \quad (5)$$

где $w_{k_{il}}$ – веса критериев; $r_{k_{ij}}$ – оценки критериев.

Для получения комплексной оценки проведём процедуру нормирования:

$$a_{k_1} + \dots + a_{k_n} = 1. \quad (6)$$

Используя это условие для работы с нечёткими числами, получим нормированные веса критериев:

$$\underline{w}_{k_i} = \frac{w_{k_i}}{w_{k_{i1}} + \dots + w_{k_{in}}}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (7)$$

С учётом вышеозначенных условий комплексная оценка риска принятия решения может быть определена таким образом:

$$R_k = \underline{w}_{k_1} r_{k_1} + \dots + \underline{w}_{k_n} r_{k_n}. \quad (8)$$

Нужно уточнить, что в модели (8) формирование перечня входных данных не разделяется на отдельные группы. Однако при оценке рисков выполнения международных перевозок часто возникает необходимость именно такого распределения исследуемых данных. В таком случае модель оценки рисков принципиально не изменяется, но приобретает иерархическую структуру, анализ которой представляет собой отдельную подзадачу.

Выводы

Предложенная в общем виде модель управления рисками (8) предоставляет возможность предприятиям, выполняющим грузовые автомобильные перевозки, получить комплексные оценки рисков для каждого плана в виде нечётких чисел R_k , которые являются основой для дальнейшего ранжирования планов перевозок по критериям риска.

Дальнейшие исследования лежат в плоскости использования комплексной оценки риска для определения качества перевозки через функцию управления, учитывающую содержание и риск k -го плана перевозки, требования по стандартам ЕС к условиям перевозки, стоимость разработки плана и реализации перевозки, требования грузополучателей, грузоотправителей, грузо-

получателей к затратам и качеству выполнения перевозки.

Следует отметить, что принятие оптимального решения относительно уменьшения управленческих рисков в большинстве случаев остаётся за лицом, принимающим решение (ЛПР). Если же разработанная нечёткая модель обоснована, то можно получить научно обоснованный результирующий показатель.

Литература

1. Kovalko B., Wybrane problemy polsko-ukrainskiej wspolpracy transgranicznej/ B. Kovalko // Barometr Regionalny Nr 2(24) 2011 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://br.wszia.edu.pl/zeszyty/pdfs/br24_3kawalko.pdf
2. Fuzzy sets logics and reasoning about knowledge / Ed. By D. Dubois, H. Prode, F.P. Klement // Applied logic series. – №15. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1999. – 423 p.
3. Kerzner H. Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling / Harold Kerzner. – [8 ed.]. – New Jersey: John Wiley and Sons, Inc., 2003. – 891 p.
4. Кунда Н. Т., Лебідь В. В. Застосування продукційних правил нечіткої логіки при визначенні оцінки якості транспортних послуг в проектах розвитку міжнародних транспортних коридорів / Вісник Транспорт+Логістика'2013, 15 Міжнародна науково-практична конференція «Ринок послуг комплексних транспортних систем та прикладні системи логістики» / К.: 2013. – №15 – С. 117–122
5. Kaplan, Norton, 2000 – Kaplan R. S., Norton D. The Strategy-Focused Organization: How Balanced Scorecard Companies Thrive in the New Business Environment. Boston: Harvard Business School Press, 2000.
6. Бочарников В. П. Fuzzy Technology: модальность и принятие решения в маркетинговых коммуникациях. К.: Ника-Центр, Эльга, 2002. – 224 с.
7. Птускин А. С. Решение стратегических задач в условиях размытой информации: монография. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2003. – 240 с.
8. Птускин А. С. Нечеткие модели и методы в менеджменте: учебное пособие. М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – 216 с.
9. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.

References

1. Kovalko B., Wybrane problemy polsko-ukrainskiej wspolpracy transgranicznej/ B. Kovalko // Barometr Regionalny Nr 2(24) 2011[Электронный ресурс]. – Режим доступа:

- http://br.wszia.edu.pl/zeszyty/pdfs/br24_3kawalko.pdf
- Fuzzy sets logics and reasoning about knowledge / Ed. By D. Dubois, H. Prode, F.P. Klement // Applied logic series. – №15. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1999. – 423 p.
 - Kerzner H. Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling / Harold Kerzner. – [8 ed.]. – New Jersey: John Wiley and Sons, Inc., 2003. – 891 p.
 - Kunda N.T. Lebid V.V. Model risk management in evaluating the quality of projects national network of international transport corridors. Management of projects, system analysis and logistics. Kyiv. National Transport University. 2014. Vol. 13. 372 p. (Ukr)
 - Kaplan, Norton, 2000 – Kaplan R.S., Norton D.P. The Strategy- Focused Organization: How Balanced Scorecard Companies Thrive in the New Business Environment. Boston: Harvard Business School Press, 2000.
 - Bocharykov V. P. Fuzzy Technology: modalities and adoption decision in marketing connections. Kyiv. Nick-Center, Elga, 2002–224 p. (Rus)
 - Ptuskin A. S. The strategic objectives under fuzzy information. Moscow: Publishing and Trading Corporation "Dashkov and K", 2003. (Rus)
 - Ptuskyk A. S. Nechetkye models and methods in menedzhmente. Moskow. Publishing house MSTU. BC Bauman. 2008. 216 p. (Rus)
 - Shtovba S. D. Design of fuzzy systems using MATLAB. М.: Hotline – Telecom, 2007. – 288 p.

Кунда Неонила Тарасовна, к.т.н., проф. каф. міжнародних перевозок и таможенного контролю, тел.+38 067-366-59-79, ntkunda@gmail.com,

Лебедь Виктория Викторовна, к.т.н., доц. каф. міжнародних перевозок и таможенного контролю, тел.+38 067-895-93-39, vikky85@ukr.net, Национальный транспортный университет, 01010, Украина, г. Киев, ул. Мих. Омеляновича-Павленко, 1.

Indefinite-multiple model of risk management during freight transportation

Abstract. Problem. Increasing efficiency of the transport process is a guarantee for the Ukrainian carriers to enter the international transport network. Researches of freight traffic forecast are of great importance. Today, there are practically no methods for generalized estimation of a considerable number of factors that influence the efficiency of cargoes delivery. **Goal.** The urgent task is to analyze the risks that arise in the managerial decision making process in case of the absence or lack of information about the transportation conditions. **Methodology.** Methods of risk assessment are divided into quantitative and qualitative: quantitative analysis allows to determine the size of individual risks and the transportation risk

in general, qualitative – to determine the potential risk areas and to evaluate risk factors qualitatively. While planning international road routes for risk analysis, it is proposed to apply fuzzy logic methods using linguistic variables, since most managerial decisions are taken on condition that the effects of possible actions are formed on the basis of subjective information from drivers. It is established that in the mentality of a human-expert (in our case, the carrier), not numbers, but images and words are used. The risk assessment uses a linguistic variable which term set contains words composition with the help of which evaluations are described in a natural way and may have such elements that would allow experts to assess the risk having available information. **Results.** For the risk analysis, there was developed an algorithm of the fuzzy theory apparatus application. The procedure of the assessment aggregation of risks criteria and estimations of criteria weight that are represented besides the procedure of their valuation is carried out. The model of complex decision risk estimation is offered. **Originality.** It allows determining the areas of the parameters changing that would provide an acceptable risk level at the stage of route planning. **Practical value.** This enables developers of the transportation plan to choose the most attractive option from the set of available ones.

Key words: freight transportation, decision-making risks, fuzzy logic system, linguistic variables, risk management model.

Kunda Neonila, professor of department of international transportations and custom control, tel.+38 067-366-59-79, ntkunda@gmail.com,

Lebid Viktoria, assoc. professor of department of international transportations and custom control, tel.+38 067-895-93-39, vikky85@ukr.net, National Transport University, 01010, Ukraine, Kyiv, str. Mih. Omelyanovicha-Pavlenko, 1.

Нечітко-множинна модель управління ризиками під час здійснення перевезення вантажів Анотація. Підвищення ефективності транспортних процесів є запорукою потрапляння українських перевізників до міжнародної транспортної мережі. Важливе значення мають дослідження з прогнозування вантажопотоків. На сьогодні практично відсутні методи узагальненої оцінки факторів, що впливають на ефективність перевезення вантажів. Актуальним завданням є аналіз ризиків, що виникають у процесі прийняття управлінських рішень за відсутності або недостатності інформації про умови перевезення. Методи оцінки ризиків поділяються на кількісні та якісні: кількісний аналіз дозволяє визначити розміри окремих ризиків і ризик перевезення у цілому, якісний – визначити потенційні причини ризику та оцінити чинники ризику. Під час планування міжнародних автомобільних маршрутів для аналізу ризиків пропонується застосувати методи нечіткої логіки з використанням лінгвістичних змінних, оскільки більшість управлінських

рішень приймаються за умови, коли наслідки можливих дій формуються на основі суб'єктивної інформації водіїв. Установлено, що в мисленні людини-експерта (у нашому випадку – перевізника) використовуються не числа, а образи та слова. Для оцінки ризиків використовується лінгвістична змінна, терм-множина якої містить набір слів, що може мати таку кількість елементів, яка дозволила б експертам оцінити ризик за наявності інформації. Для аналізу ризиків розроблено алгоритм застосування апарату теорії нечітких множин. Подано процедуру агрегування оцінок критеріїв ризиків і ваг критеріїв та проведено процедуру їх нормування. Запропоновано модель комплексної оцінки ризику прийняття рішення. Вона дозволяє на етапі планування маршруту визначити області змінювання пара-

метрів, що забезпечили б допустимий рівень ризику. Це дає можливість розробникам планування перевезення обрати найбільш привабливий варіант із множини наявних.

Ключові слова: перевезення вантажів, ризику прийняття рішень, система нечіткої логіки, лінгвістичні змінні, модель управління ризиками.

Кунда Неоніла Тарасівна, к.т.н., проф. каф. міжнародних перевезень та митного контролю, тел.+38 067-366-59-79, ntkunda@gmail.com,

Лебідь Вікторія Вікторівна, к.т.н., доц. каф. міжнародних перевезень та митного контролю, тел.+38 067-895-93-39, vikky85@ukr.net,

Національний транспортний університет, 01010, Україна, м. Київ, вул. Мих. Омеляновича-Павленка, 1.
