

Выходной лингвистической переменной была вероятность возникновения чрезвычайной ситуации.

На основе исходных данных проведена фазификация входных переменных, активизация и аккумуляция подзаключений выходной лингвистической переменной. После чего было найдено количественное значение вероятности возникновения лесного пожара (выполнено по дефазификации выходных переменных по методу центра тяжести).

После применения основных этапов нечеткого вывода определены интервальные оценки факторов воздействия на лесной пожар, в результате чего была выделена зона тройного пересечения значений факторов влияния.

Описана функция принадлежности выходной лингвистической переменной К – вероятности возникновения лесного пожара. После чего была проведена операция аккумуляции значений трёх

факторов влияния на промежутке [2.6; 8.1], найдены точки пересечения функций принадлежности и их производные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Замирец О. О. Особенности построения системы поддержки принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций [Текст] / О.О. Замирец // Системы обработки информации: сб. науч. тр. ХУПС. – Х., 2014. Вып. №2 (118) – с. 273 – 276

2. Замирец О. О. Оценка процесса развития чрезвычайной ситуации по непараметрическим критериям [Текст] / О.О. Замирец // Материалы конференции: XXI Международная науч. – практ. конф. «Актуальные проблемы жизнедеятельности общества» – Кременчуг, 2014. – с. 153 – 154

3. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB [Текст] / А. В. Леоненков – СПб.: БХВПетербург, 2005. – с. 185 – 198.

УДК 504.05

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ СИТУАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ С УЧЕТОМ ПРИЕМЛЕМЫХ И НЕПРИЕМЛЕМЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

А.С. Нечаусов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ», г. Харьков

Проведена оценка степени риска возникновения ситуации экологической нестабильности и разработан алгоритм процесса нечеткого вывода в зависимости от приемлемых и неприемлемых экологических факторов. Построена трехмерная модель воздействия экологических факторов на окружающую среду исследуемой области.

Проведено оцінку ступеня ризику виникнення ситуації екологічної нестабільності та розроблено алгоритм процесу нечіткого виводу залежно від прийнятних і неприйнятних екологічних факторів. Побудована тривимірна модель впливу екологічних факторів на навколишнє середовище досліджуваної області.

The evaluation of risk degree of ecological instability situation occurrence has been carried out and the algorithm for fuzzy inference process according to acceptable and unacceptable ecological factors has been developed. Three-dimensional model of the ecological factors' impact on the environment of research area has been built.

Ключевые слова: экологическая нестабильность, нечеткая логика, свалки.

Введение

Антропогенный фактор - один из основных факторов воздействия на экологию в настоящее время. В данной работе рассмотрена проблема свалок, а именно, разработки системы, позволяющей своевременно классифицировать свалки и определять уровень экологического риска связанный с исследуемым объектом.

Вывоз отходов на организованные и неорганизованные полигоны, а также стихийные свалки представляют собой эпидемиологическую опасность. Свалка – это серьезный источник загрязнения окружающей среды. В глубине мусорной массы проходят процессы разложения, в которых участвуют анаэробные бактерии. Вследствие подобного процесса выделяется токсичный биологический газ, одним из компонентов которого является метан. Происходит глубинное заражение грунта, загрязненный воздух разносится ветром на значительные расстояния, а если под свалкой находятся грунтовые воды, то они фактически отравляются ядом. Таким образом, ближайшие водоёмы токсичны и опасны для человека. А грунт непригоден для использования в течение нескольких сотен лет после закрытия свалки.

Возгорание выделяемого газа – это частое явление на свалках. Ядовитый дым попадает в атмосферу и отравляет все организмы в радиусе нескольких километров. По мнению многих ученых, метан является одним из виновников усиливающегося парникового эффекта.

Увеличение площади свалки происходит очень быстрыми темпами. Опасная эпидемиологическая зона приближается к человеческим поселениям. Вдыхаемый воздух приводит к отравлению человека. Жители деревень, которые живут рядом с подобными свалками, часто жалуются на плохое самочувствие, у некоторых от ядовитых испарений развиваются раковые опухоли [2].

Стихийные свалки несут ещё большую опасность, так как располагаются чаще всего возле жилых районов.

На сегодняшний день на территории Харьковщины расположены 77 свалок, а также 2 полигона ТБО. Их

наполненность не превышает 85%. При этом большинство указанных объектов не имеют соответствующих разрешительных документов. А такое большое количество свалок приводит к значительному ухудшению экологической ситуации в области.

По результатам проведенных экологических обследований территории Харьковской области инспекцией установлено, что местные власти и коммунальные предприятия затрачивают чрезвычайно много усилий на ликвидацию стихийных свалок. При этом практически не проводятся работы, направленные на предотвращение их образования.

Практическая часть

Предлагается с периодичностью 1 раз в год проводить мониторинг исследуемых свалок с последующим определением зон отчуждения свалок от ближайших жилых и природных объектов на текущий момент времени. Это даст возможность определить потенциальный риск появления экологически нестабильной ситуации антропогенной природы в конкретном регионе и определить наиболее приоритетный для устранения либо модернизации объект. Для получения данных мониторинга целесообразно использовать снимки QuickBird либо IKONOS среднего разрешения 50 - 200 м, либо снимки, полученные с помощью беспилотных летательных аппаратов.

В виду наличия ряда субъективных нечетких факторов, для определения оценки уровня риска негативного влияния на экологическую ситуацию целесообразно использовать метод нечеткого логического вывода Мамдани [1]. Используя данный алгоритм нечеткого моделирования, была разработана система принятия решений на основе нечетких правил, созданных посредством анализа приемлемых и неприемлемых экологических факторов, негативно воздействующих на организм человека. Методика адаптирована для анализа экологической нестабильности в Харьковской области, влияние на которую оказывают существующие городские свалки, при определении количественных значений возникновения которой использовались элементы нечеткого моделирования.

При построении нечетких правил в качестве основных трех факторов были выделены: расстояние от свалки до ближайших жилых объектов, расстояние от свалки до ближайших природных/водных объектов, загруженность (сумма: количества жителей в обслуживаемых районах свалки и количества жителей в районе свалки). Были рассмотрены 3 свалки Харьковской области: свалка «Вороний яр» (г. Люботин), свалка «Нововодолажская» (п.г.т. Новая Водолага), свалка «Первомайская» (г. Первомайск). К каждой из свалок были условно прикреплены районы города, которые имеют наиболее выгодное географическое месторасположение по отношению к исследуемой свалке.

Для создания системы принятия решений посредством нечеткого моделирования были использованы такие входные данные:

- исследуемый город: Харьков;
- информация о количестве населения в районах:

<http://www.invest.kharkov.ua/districts>;

– рассматриваемые свалки: Вороний яр, нововодолажская свалка и первомайская свалка;

– снимки для определения расстояний: CNES/SPOT Image, DigitalGlobe (Дата съемки: 18 мая 2014 г.)

– причастность районов к конкретной свалке определялась исключительно в зависимости от географического положения свалок относительно района города и расстояния между ними.

В результате исследования входных данных и основных факторов воздействия на экологическую ситуацию, получены достоверные количественные значения по каждому из основных факторов (табл. 1).

Эмпирические знания об оценке уровня риска негативного влияния на экологическую ситуацию в зависимости от факторов представлены формально в виде созданной базы правил систем нечеткого вывода, которая использует правила нечетких продукций.

Таблица 1

Распределение районов по свалкам и 3 основных фактора использованных при построении правил нечеткого вывода

НАЗВАНИЕ СВАЛКИ	ОБСЛУЖИВАЕМЫЕ РАЙОНЫ ГОРОДА	РАССТОЯНИЕ ДО БЛИЖАЙШИХ ЖИЛЫХ ОБЪЕКТОВ (М)	РАССТОЯНИЕ ДО БЛИЖАЙШИХ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ (М)	ЗАГРУЖЕННОСТЬ
МУСОРНАЯ СВАЛКА "ВОРОНИЙ ЯР"	Ленинский, Дзержинский, Киевский	204,494	954	518 131
НОВОВОДОЛАЖСКАЯ СВАЛКА	Октябрьский, Червонозаводской, Коминтерновский	485,5	3654	359 938
ПЕРВОМАЙСКАЯ СВАЛКА	Орджоникидзевский, Фрунзенский, Московский	585,8	894	670 958

Использованы обозначения вида:

1) Выходная лингвистическая переменная (рис.1) ECOLOGICAL-AMOUNT-RISK – уровень риска возникновения ситуации экологической нестабильности в результате негативного влияния свалок на экологию окружающей среды.

2) Качественные заключения: LOW «Допустимая степень воздействия», MEDIUM «Средне-допустимая степень воздействия», HIGH «Высокая степень воздействия» свалок.

$$ECOLOGICAL-AMOUNT-RISK = \{LOW, MEDIUM, HIGH\}.$$

3) Входные лингвистические переменные:

D-Living-places-distance-(m) – расстояние от свалок до ближайших жилых объектов;

D-Nature-places-distance-(m) – расстояние от свалок до ближайших природных (водных) объектов;

D-Burden-range-(people-quantity) – загруженность свалки.

Реализация проекта системы принятия решений методом нечетких множеств проводилась в среде программного продукта MatLab R2014a посредством пакета расширения, содержащего инструменты для проектирования систем нечеткой логики Fuzzy Logic Toolbox. Вызывается Fuzzy Logic Toolbox с помощью команды «fuzzy» в консоли программы.

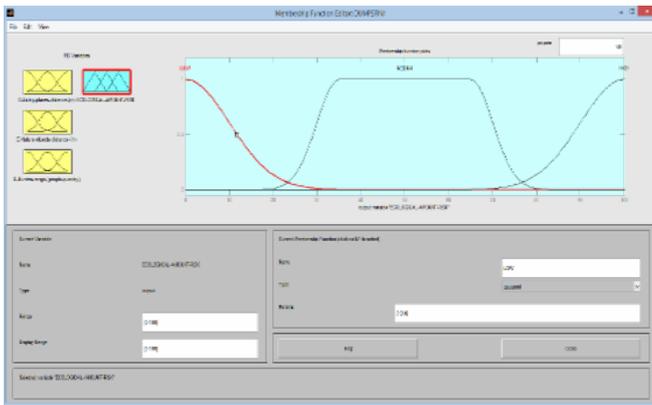


Рис. 1. Функции построения терм-множеств выходной переменной «ECOLOGICAL-AMOUNT-RISK»

На рис. 1 представлены функции построения терм-множеств переменной «ECOLOGICAL-AMOUNT-RISK». В качестве функции принадлежности для описания качественных заключений использовалось распределение Гаусса (наиболее часто встречающийся на практике закон распределения) с двумя параметрами - величина «Сигма» - среднее квадратическое отклонение и величина m – математическое ожидание (центра распределения).

Для построения функций распределения входных лингвистических переменных, кроме нормального закона, использовалось распределение Лапласа (двойное экспоненциальное). Функции принадлежности для переменных «расстояние от свалок до ближайших жилых объектов», «расстояние от свалок до ближайших природных/водных объектов» и «загруженность свалки» представлены на рис. 2, 3, 4, 5.

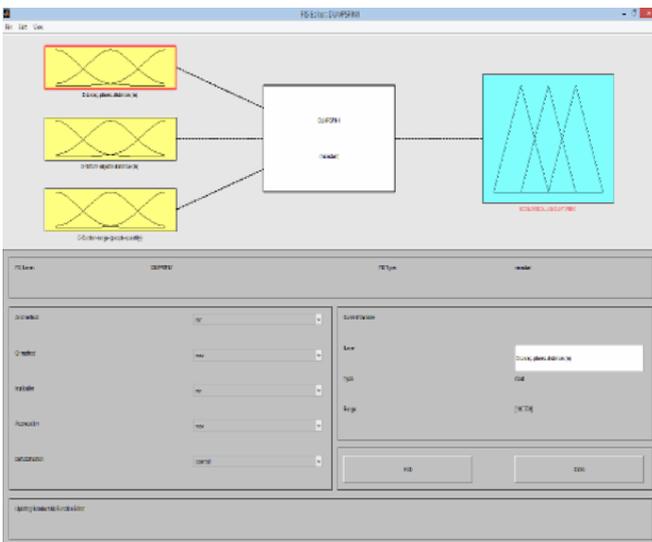


Рис. 2. Представление функций построения терм-множеств входных и выходных лингвистических переменных систем нечеткого моделирования в программном продукте MatLab (окно FIS Editor)

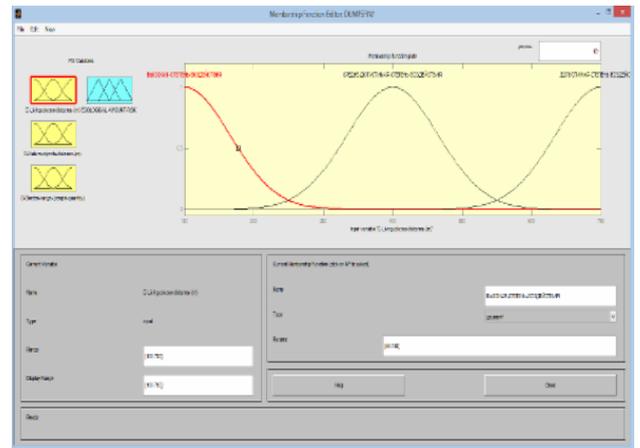


Рис. 3. Представление функций построения терм-множеств входной лингвистической переменной «D-Living-places-distance-(m)» систем нечеткого моделирования в программном продукте MatLab (Fuzzy logic)

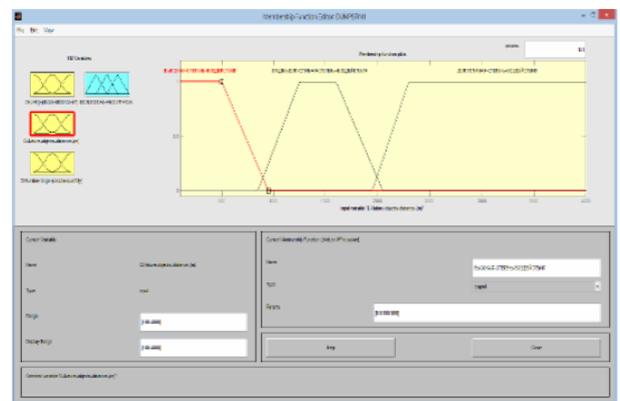


Рис. 4. Представление функций построения терм-множеств входной лингвистической переменной «D-Nature-Objects-distance-(m)» систем нечеткого моделирования в программном продукте MatLab (Fuzzy logic)

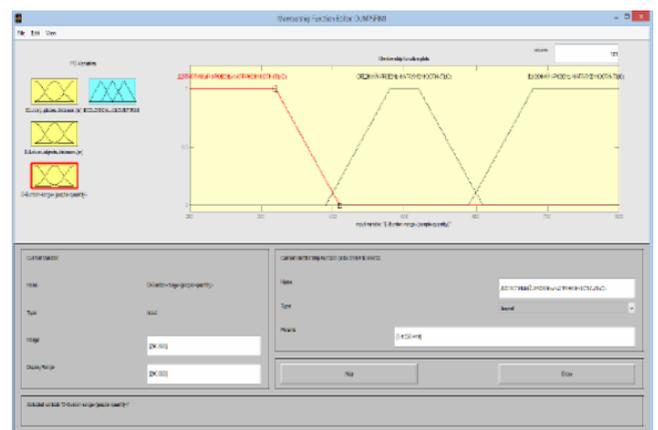


Рис. 5. Представление функций построения терм-множеств входной лингвистической переменной «D-Burden-range-(people-quantity)» систем нечеткого моделирования в программном продукте MatLab (Fuzzy logic)

Конечное множество правил нечетких продукций, согласованных относительно используемых в них лингвистических переменных, представлено на рис. 6.

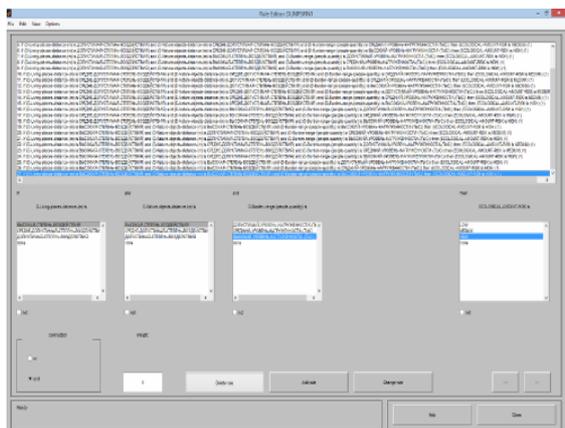


Рис. 6. Конечное множество правил нечетких продукций системы принятия решений

Наиболее часто база правил представляется в форме структурированного текста. В данной работе база эмпирических знаний о ситуации, состоящая из 27 правил, представлена в символьном виде (1) и в текстовом (2, 27):

1. (d-living-places-distance-(m) == допустимая-степень-воздействия) & (d-nature-objects-distance-(m) == допустимая-степень-воздействия) & (d-burden-range-(people-quantity) == допустимый-уровень-нагруженности-(тыс)) => (danger-range=low);
2. if (d-living-places-distance-(m) is допустимая-степень-воздействия) and (d-nature-objects-distance-(m) is допустимая-степень-воздействия) and (d-burden-range-(people-quantity) is средний-уровень-нагруженности-(тыс)) then (danger-range is low);
- ...
26. if (d-living-places-distance-(m) is высокая-степень-воздействия) and (d-nature-objects-distance-(m) is высокая-степень-воздействия) and (d-burden-range-(people-quantity) is средний-уровень-нагруженности-(тыс)) then (danger-range is high);
27. if (d-living-places-distance-(m) is высокая-степень-воздействия) and (d-nature-objects-distance-(m) is высокая-степень-воздействия) and (d-burden-range-(people-quantity) is высокий-уровень-нагруженности-(тыс)) then (danger-range is high).

Составляемые правила отличаются друг от друга уровнем воздействия на выходную переменную. На рис. 7 представлен трехмерный график (№1) зависимости уровня воздействия на результирующую переменную по двум параметрам: «расстояние от свалок до ближайших жилых объектов» и «загрязненность свалки».

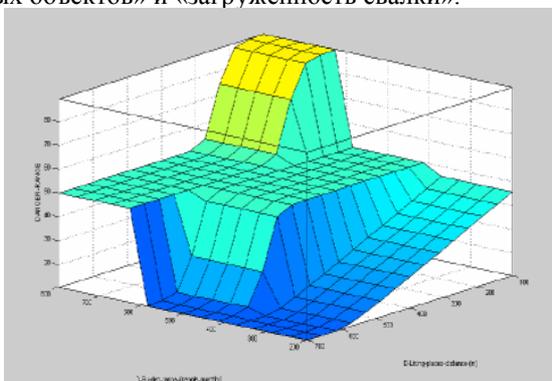


Рис. 7. График №1 зависимости уровня воздействия на результирующую переменную «DANGER-RANGE» по двум параметрам

На рис. 8 представлен трехмерный график (№2) зависимости уровня воздействия на результирующую переменную по двум другим параметрам: «расстояние от свалок до ближайших жилых объектов» и «расстояние от свалок до ближайших природных (водных) объектов».

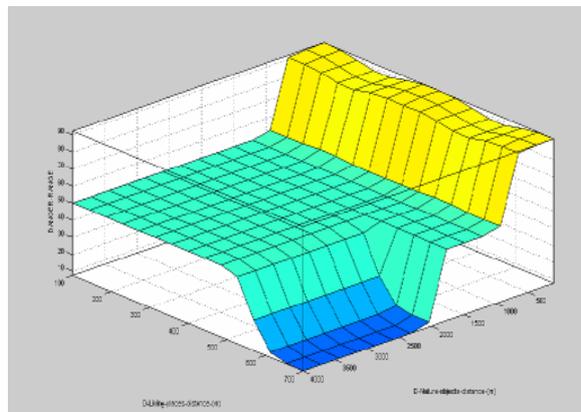


Рис. 8. График №2 зависимости уровня воздействия на результирующую переменную «DANGER-RANGE» по двум параметрам

Процедура нахождения значений функций принадлежности нечетких множеств (термов) на основе обычных (четких) исходных данных называется этапом введения нечеткости и проводится с помощью установления соответствия между конкретным (обычно численным) значением отдельной входной переменной системы нечеткого вывода и значением функции принадлежности соответствующего ей термина входной лингвистической переменной. После завершения этого этапа для всех входных переменных должны быть определены конкретные значения функций принадлежности по каждому из лингвистических термов, которые используются в подусловиях базы правил системы нечеткого вывода (табл. 1).

Следующим этапом является определения степени истинности условий по каждому из правил системы нечеткого вывода. После чего целесообразно провести процедуру объединения всех степеней истинности заключений для получения функции принадлежности выходной переменной – «ECOLOGICAL-AMOUNT-RISK» (уровень риска возникновения ситуации экологической нестабильности в результате негативного влияния свалок на экологию окружающей среды). Причина необходимости выполнения этого этапа состоит в том, что подзаключения, относящиеся к одной и той же выходной лингвистической переменной, принадлежат различным правилам системы нечеткого вывода. Результат нечеткого вывода для мусорной свалки "Вороний яр" представлен на рис. 9. Для получения выходного числа по данной свалке, в графе input необходимо задать входные данные [204,5; 954,5; 518,1], где первое число - расстояние от свалок до ближайших жилых объектов; второе - расстояние от свалок до ближайших природных (водных) объектов; третье - загруженность (сумма: количества жителей в обслуживаемых районах свалки и количества жителей в районе свалки). Значение выходной лингвистической переменной для данной свалки составляет 50%.

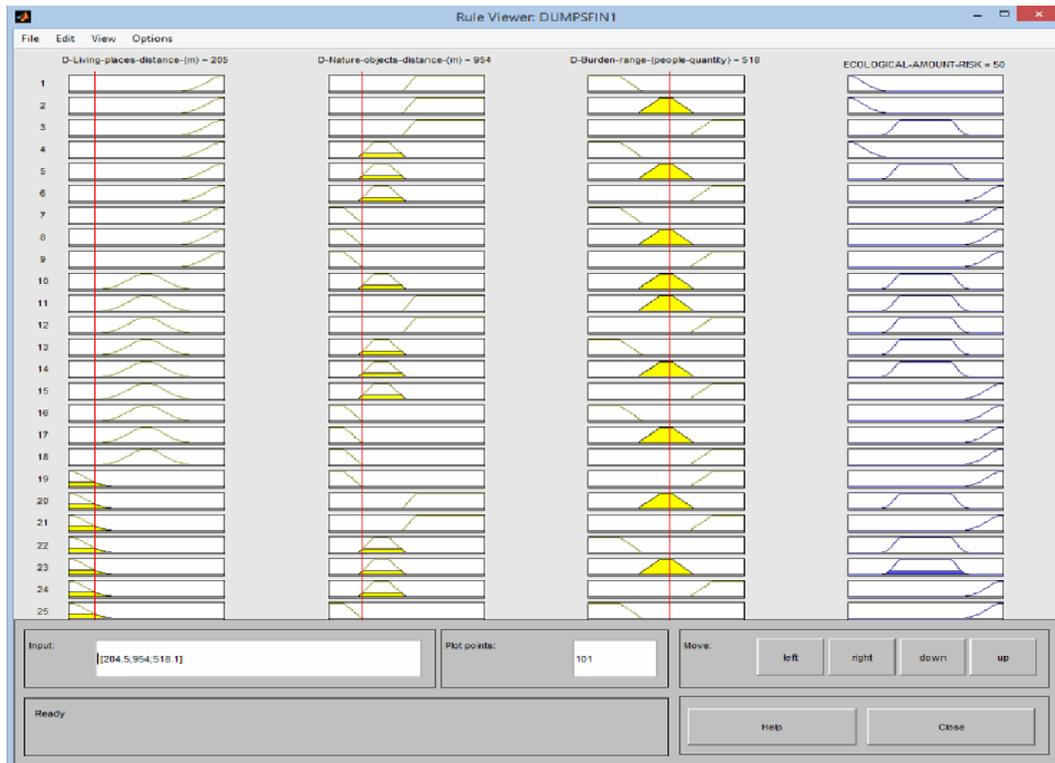


Рис. 9. Окно “Rule Viewer” в программном продукте MatLab (Fuzzy logic). Результаты исследования мусорной свалки "Вороний яр" (По результатам системы принятия решений, риск развития неблагоприятной экологической ситуации составляет 50%)

Этап аккумуляции считается законченным, когда для каждой из выходных лингвистических переменных будут определены итоговые функции принадлежности нечетких множеств, их значений (табл. 2).

Таблица 2

Результирующие значения итоговых функций принадлежности нечетких множеств относительно трех исследуемых свалок

Название исследуемой свалки	Риск развития неблагоприятной экологической ситуации в районе свалки (0-100%)
Вороний яр	50%
Нововодолажская	17,5%
Первомайская	87,7%

Выводы

Таким образом, была проведена оценка степени риска возникновения ситуации экологической нестабильности с учетом приемлемых и неприемлемых экологических факторов посредством анализа трех конкретных свалок Харьковской области – Вороний яр, Нововодолажская свалка, Первомайская, а также их влияния на экологическую ситуацию в регионе. Используя системы нечеткого вывода, был определен количественный показатель риска развития неблагоприятной экологической ситуации в районе каждой из представленных свалок. Наиболее высокий

процент негативного воздействия на окружающую среду был выявлен при рассмотрении Первомайской свалки – 87,7%. При рассмотрении свалки «Вороний яр» уровень негативного воздействия на окружающую среду составил 50%. Было выявлено, что наиболее безопасной для окружающей среды из трех предложенных свалок является Нововодолажская свалка, процент воздействия которой на окружающую среду составил 17,5.

Для наглядного представления зависимости степени загрязнения окружающей среды исследуемой области от количественных параметров экологических факторов построена трехмерная модель ситуации экологической нестабильности.

Разработанный алгоритм процесса нечеткого вывода, адаптированный для анализа экологической нестабильности в Харьковской области, влияние на которую оказывают существующие городские свалки, может быть использован для выявления степени загрязнения окружающей среды на любой территории с учетом расположения свалок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB [Текст] / А. В. Леоненков – СПб.: БХВПетербург, 2005. – 100 - 182 с.
2. Sahney, S. Links between global taxonomic diversity, ecological diversity and the expansion of vertebrates on land [Текст] / S. Sahney, M. J. Benton, P. A. Ferry – *Biology Letters* 6 (4), 2010. – pp. 544–547.